

К ЭКСТРАЗОНАЛЬНОСТИ ЛЕСНЫХ И СТЕПНЫХ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ УРАЛА С ПОЗИЦИЙ ГРАВИОГЕОГРАФИИ. Ч. I

В.В. Литовский

Институт экономики Уральского отделения РАН, Россия, Екатеринбург

e-mail: VLitovskiy1@yandex.ru

Впервые на основе оригинального авторского гравииогеографического подхода проанализирована биогеография особо охраняемых природных территорий юга Среднего Урала и объяснены пространственные особенности экстразональности. Установлено, что экстразональность связана с зонами аномалий гравитационного поля и его полюсами, где наблюдается наибольшая концентрация или деконцентрации природных ресурсов, включая биовещества. Выполнена теоретическая оценка величин «избыточных» и «дефицитных» масс вещества в исследуемых зонах, а также величины фитомассы, исходя из фундаментального принципа изостазии.

Ключевые слова: Урал, особо охраняемые природные объекты, биомы, леса, степи, экстразональность, гравииогеография.

Введение

С 1990-х гг. для задач биогеографии и выделения экорегионов начала использоваться концепция биомной организации биосферы Г. Вальтера и С. Брекла [1], оперирующая группами взаимосвязанных экосистем – биомов, различаемых на разных уровнях дифференциации биотического покрова по зональному и высотно-поясному распределению биоты, а также по климатическим показателям (температурно-влажностным режимам) и ландшафтной структуре территории. В частности, на самом высоком уровне организации биосферы в концепции были выделены равнинные, горные и азональные биомы, а на самом низком – локальные комплексы биогеоценозов и биогеоценозы. В [2] данная концепция была использована для картографического представления экорегионов мира и региональных зарубежных биомов, а в работах [3, 4] – для региональных биомов России и геопространственного анализа экологического потенциала её территории. В частности, для биогеографического районирования и картографирования равнинных территорий России на самом высоком уровне модельной дифференциации биомов исследователям оказалось достаточно 6 равнинных зонобиомов и 5 – для горных. Для Среднего и Южного Урала ещё меньше – 4 и 3. В том же подходе были охарактеризованы и наиболее значимые особо охраняемые природные территории (ООПТ) [4].

К сожалению, несмотря на попытки систематизации природных систем с расширенным блоком характеристик, и развиваемая в [3, 4] концепция биомного разнообразия не даёт ответа на вопрос о природе азональных биогеографических явлений и о модулирующем факторе эволюции биомов и их ООПТ. Тем не менее, она может оказаться успешной в сочетании с гравииогеографическим подходом, исследующим влияние на равновесность дневной поверхности её весовых нагрузок, включая создаваемых биотой.

Короткопериодные (сезонные) влияния такого весового воздействия с перераспределением вещества, обусловленного, главным образом, осадками и разливом рек исследованы в работах [5-11], где использованы данные спутниковой гравиметрии эксперимента GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment). Их результатом стало установление корреляции вариаций поля с сезонными изменениями речного стока, снежного покрова, с таянием ледников и изменением уровня грунтовых вод на больших площадях, вследствие чего ежемесячные вариации гравииоданных спутников GRACE для удобства

гидрологического анализа и влияния на природные и хозяйственные объекты были представлены в виде карт с колебаниями уровней воды крупнейших рек, осреднённых по бассейнам.

Более комплексный подход, базирующийся на изучении долгосрочного влияния гравитополя на эволюцию природных систем Урала, был развит автором и обобщён в [12], что позволило уяснить долгосрочные эволюционные тренды и закономерности перераспределения вещества географической оболочки с учётом его физической, геохимической и биогеохимической трансформации в интересующих локациях. Так, на примере исследования закономерностей распределения тех или иных природных ресурсов от аномального гравитополя была установлена и соответствующая геопространственная специфика систем расселения. В связи с чем было предположено, что в ещё большей мере гравитовлияние должно проявляться в биомах, зависящих напрямую от геохимии ландшафта. Эту индикацию биотой геохимии ландшафта в своё время подметил В.И. Вернадский [13], характеризуя особенности пространственно-временного распределения живого вещества и выделив в биосфере очаги наибольшей естественной или природной концентрации жизни, назвав их «биоценозными сгущениями», а зоны биоценозных сгущений, созданных при участии человечества – «культурными сгущениями и разрежениями».

В таком аспекте особо охраняемые природные объекты (ООПТ), и в частности азональные ООПТ, с фундаментальных позиций представляют наибольший интерес и для гравитогеографии, так как весовая дифференциация здесь в связи с повышенной или, напротив, пониженной биопродуктивностью, должна быть наиболее контрастной, а процессы изостатического выравнивания веса дневной поверхности и стабилизации её движений в соответствии с компенсационным принципом Ле Шателье-Брауна наиболее интенсивны из-за стремления геосистем к устойчивости. К счастью, в отличие от эпохи Вернадского ныне с развитием общедоступных баз данных GIS-Lab [14], ВСЕГЕИ [15] и по распределению фитомассы [16-20] необходимая база для таких исследований появилась.

Именно для анализа таких особо ценных ООПТ с чертами азональности в первой части работы для гравитогеографических исследований на юге Среднего Урала были исследованы, прежде всего, островковые степи и реликтовые, «островные» боры, а во второй части – реликтовые боры, сохранившиеся в лесостепи и в пределах иных экотональных несвойственных им природных зон Южного Урала. Необходимые данные об ООПТ брались из информационно-справочной системы ООПТ России [21, 22]. При анализе ООПТ учитывалась их общепринятая градация и иерархия, дифференциация по широтно-зональному и долготному градиенту, а также по отношению к региональным ландшафтам.

Материалы и методы

Общая методика изложена в [12, с. 15-17]. Ниже она была адаптирована для оценки необходимых привнесений или изъятий фитомассы или биомассы Δm по водным эквивалентам. Для приведения веса территории к изостатическому равновесию, использовалось общее условие приведения локальной силы тяжести к нормальной: $\Delta(mg) = 0$ или $(\Delta m \times g + \Delta g \times m) = 0$, что даёт для величины требуемой массы любой природы соотношение (1), позволяющее делать оценки на основе картографических данных об аномалиях гравитополя Δg :

$$\Delta m = -m \times \left(\frac{\Delta g}{g_0}\right) = -m \times \frac{(g-g_0)}{g_0} \quad (1)$$

Для удобства количественных оценок с помощью формулы (1) нормальная «сила тяжести», действующая на единицу массы (ускорение свободного падения), выражалась в принятых для того гравиметрических единицах: $g_0 = 980665$ мГл. При положительном

значении Δg отрицательный знак в правой части формулы указывает на необходимое изъятие лишней массы с территории и, наоборот, на её привнос при отрицательном значении Δg . Так, при положительной аномалии $\Delta g = 1$ мГл в перерасчёте на 1 млн тонн пород выражение (1) допускает изъятие лишь 1 тонны «лишней» массы, тогда как при аномалии в 10 мГл – 10 тонн. При отрицательных аномалиях той же величины на 1 млн тонн базового вещества, напротив, необходим привнос от 1 до 10 тонн дополнительного вещества – той же горной породы, воды или биомассы. Всё это при указанных аномалиях свидетельствует о высокой степени уравновешенности веса дневной геоповерхности.

Для оценки объёмов привноса или изъятия того или иного вещества для изостатического уравновешивания формула (1) сводится к виду:

$$\Delta V = V_{\text{вм}} \times \left(\frac{\sigma_{\text{вм}}}{\sigma} \right) \times \left(\frac{\Delta g}{g_0} \right) \quad (2),$$

где ΔV – изменение объёма вещества, соответствующее изменению Δm , равное разности объёма, вносимого V и вмещающего вещества $V_{\text{вм}}$, а σ и $\sigma_{\text{вм}}$ – соответствующие плотности. Важно это потому, что для обеспечения изостатического равновесия той же дневной поверхности, то есть создания нужного дополнительного веса при фиксированной массе, требуются разные объёмы избираемых веществ или материалов. Так, согласно (2), при использовании воды (плотность – 1000 кг/м³) для компенсации веса изъятной складчатой породы (плотность – 2670 кг/м³) потребуется объём в 2,67 раз больший матричного, а для осадочной (плотность 2300 кг/м³) – в 2,3 раза. В целом, при объёме вмещающей горной (складчатой) породы 1 км³, при отрицательной аномалии $\Delta g = -1$ мГл по (1) требуется добавление 2670 тонн вещества, а при $\Delta g = -10$ мГл – 26700 тонн. Соответственно, если это вода, её потребуется влить от 2670 до 26700 м³. Если же это будет её насыщенный солевой раствор (1200 кг/м³), то объём, согласно (2), уменьшится в 1,2 раза, а при садке соли (2160 кг/м³) – в 2,16 раза, что значимо для уменьшения затрат энергии на расширение пород и блокирования роста купольных структур.

На поверхности гравикокомпенсация возможна также образованием лесных массивов и фитопокровов с накоплением живого и косного вещества, для чего требуемые массы и объёмы растительности удобно выражать через соответствующие эквиваленты уровня воды. Так, при гравеоаномалиях от -1 до -10 мГл для восстановления равновесного изостатического состояния объёма поверхности 1 км³ (площади в 1 км²) достаточно слоя воды от 2,6 мм до 2,6 см, либо покровов с удельным поверхностным весом от 2,6 (кг/м²) до 26 (кг/м²). При значениях $\Delta g = 30-40$ мГл толщины слоёв воды возрастают до 8-10 см, а поверхностный вес – до 78-104 (кг/м²). Очевидно, что подобная компенсация возможна за счёт растительного покрова. Даже, если предположить, что весом живой и косной биомассы компенсируются аномалии всей толщи земной коры (30-50 км), то при аномалиях в 30 мГл и толщине земной коры в 30 км, достаточно её слоя эквивалентного слою воды в 2,4 м, а для толщины в 50 км – 4 м, что может дать живая и отмершая биота. Соответственно, для компенсации аномалий в 40 мГл потребуется слой воды от 3,2 м до 5,3 м или массы – от 3,2 до 5,3 (т/м²). Таким образом, даже при крайних допущениях компенсация веса растительностью в биомие с плотностью на порядок меньшей, чем у воды, (например, дуба или граба) теоретически возможна, но это влечёт увеличение высоты слоя до 32-53 м.

Ниже для ГИС-гравиигеографического анализа ООПТ и композитных карт использовались программный пакет «Global Mapper», ГИС-основа ВСЕГЕИ и GIS-Lab, данная авторская теоретико-методологическая методика.

Результаты и их обсуждение

Для выявления наиболее контрастного влияния гравеофактора на биомы и особенности пространственного распределения как зональных, так и наиболее контрастных

экстразональных природных объектов Урала и его сопряженных территорий с остепнением или, напротив, олеснением, исследовались ООПТ в большом диапазоне широтно-зональных и долготных природных градиентов. В целях верификации декларируемых ныне рисков аридизации пограничья леса и степи в экотональной области лес исходно рассматривался в предположении наступления степи с редукцией «островных» боров, а не как наступающая сторона с колючими аванпостами будущего олеснения степных территорий. Делалось это для наибольшего охвата территорий с островными борами и колками. Для упрощения задачи из всего их многообразия ООПТ выделялись лишь наиболее крупные из них со статусом ботанических и комплексных памятников природы, для которых дополнительные ограничения накладывались на площадь (десятки, либо сотни квадратных км) для корректного отслеживания влияния гравиезэффектов. Все отобранные так ООПТ (от предельно северных широт юга Среднего Урала с проявлением черт степных, до крайних южноуральских ООПТ Оренбургской области с борами) были наложены на гравиеоснову с изолиниями аномального поля и отображены на гибридных картах, по значениям гравиеаномалий которых для каждой из ООПТ выполнялся модельный расчёт идеально компенсирующих вес земной коры водных толщ (м), а по ним и вес компенсирующей фитомассы для первого км земной коры. Для наиболее северных из исследованных ООПТ такая картина представлена на рисунке 1, а расчётные данные вместе с прочей нужной информацией для анализа специфики ООПТ в таблице 1.

Таблица 1 – Региональные охраняемые природные территории, в которых представлены степные экосистемы [21, 22] и модельно рассчитанные из условия изостатического равновесия дневной поверхности (земной коры) веса компенсирующей фитомассы и толщи воды

Название	Регион	Площадь, га	Фитомасса, (кг/м ²); % охран. степных экосистем	Высота (м) столба воды для идеал. равновесия коры в 50 км	Гравиекартина (знак и величина аномалии, мГл)
Ботанические памятники природы (Пермский край)					
Кунгурская островковая лесостепь	Пермский край (юго-восток)	1000000-1200000	Лесистость - < 35%	0; -1,3 (снос)	0-периферия; +10-центр
Ботанические памятники природы (Свердловская область)					
Красноуфимская островковая лесостепь	Свердловская область, Красноуфимский район	-	Лесистость - 2,3%.	0; -1,3 (снос)	0-периферия; +10-центр
Заказник «Шалинский»	Свердловская область, Шалинский район	6000	Лес: более 85% +39; +52	+1,95; +2,6	-15 (З), -20 (В)
Природный парк «Река Чусовая»	Свердловская область, Староуткинск Горноуральск Шалинский	104395	Лес - 94% +18 +5 +26;+39	+0,91; +0,26; +1,3 ÷ +1,95	1 кластер: -7 (Ю, Ц); -2 (ЮВ); -10 ÷ -15 (С)
Природный парк «Оленьи Ручьи»	Свердловская область (Нижнесергинский район)	12700-18800	+13	+0,75	-5
Нац. парк Припышминские боры	Свердловская область Тугулымский, Талицкий р-н	49000	Лес - 90 % +13; +39 +13	+0,75;+1,95 +0,75	1 кластер: -5 (З); -15 (В) 2 кластер: -5

Далее такая информация детализировалась по выделенным ООПТ и анализировалась совместно с гравииогеографическими данными.

В частности, крайней на северо-западе региона из крупных ООПТ оказалась Кунгурская лесостепь, а на востоке – национальный парк «Припышминские боры» (рис. 1). На юго-западе – экстразонально расположенный в степной зоне Бузулукский бор и степная ООПТ заповедника «Оренбургский» – Таловская степь, на юго-востоке – Ащисайская степь. В данной статье приведены лишь результаты изучения наиболее северных из этих ООПТ.

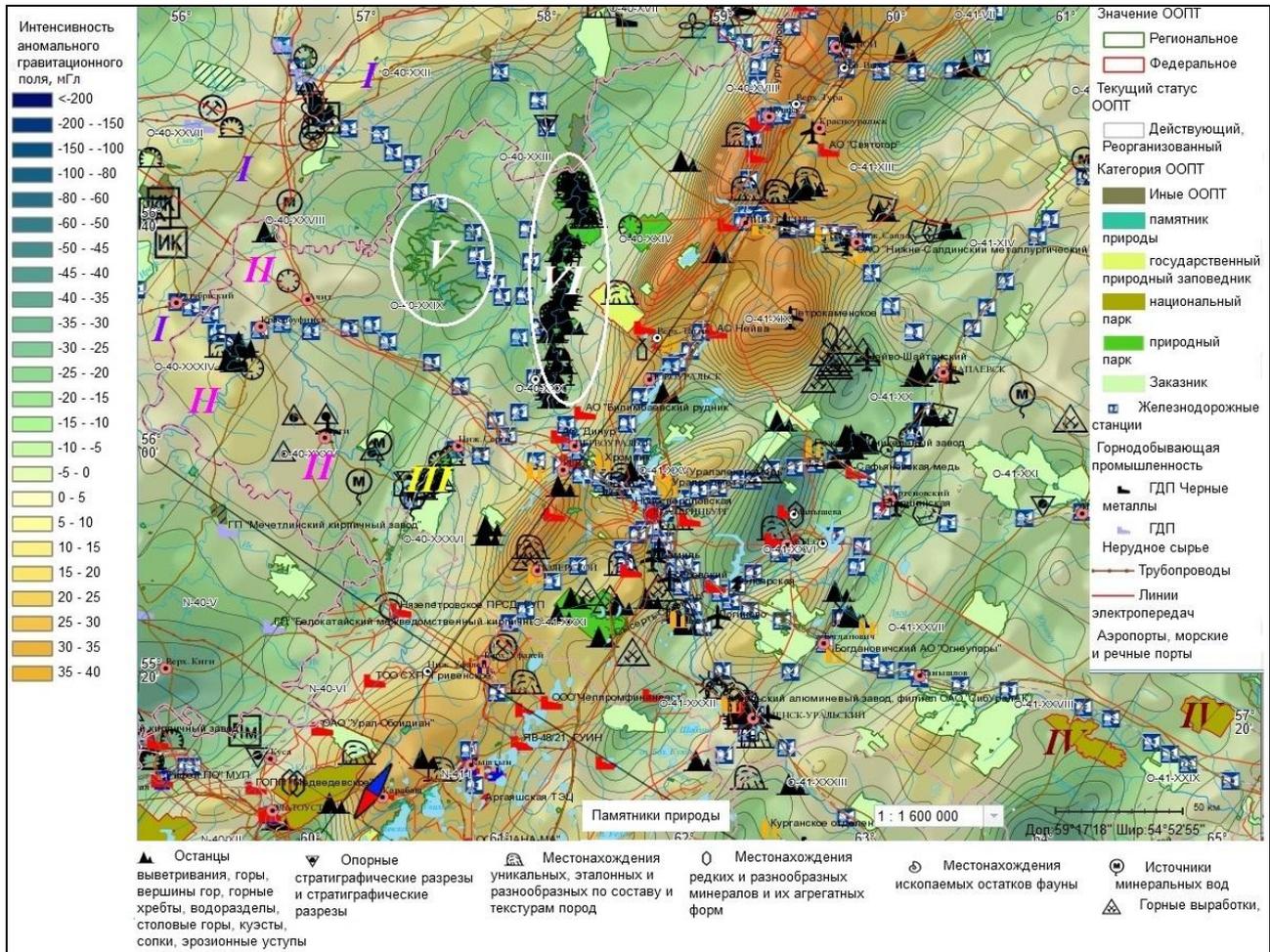


Рисунок 1 – Гравиокартина на широтах нахождения наиболее северных степных ООПТ Урала

Примечание: (Римскими цифрами выделены: I – зона Кунгурской островковой лесостепи, II – Красноуфимской; III – природный парк «Оленьи Ручьи»; IV – национальный парк «Припышминские боры»; V – заказник «Шалинский»; VI – природный парк «Река Чусовая»). Изолиниями на зелёном фоне разных тонов показаны отрицательные гравииоаномалии, на коричневом – положительные

Так, согласно [4, с. 416-418], Кунгурская и Красноуфимская лесостепи относятся к Приуральской части равнинного Заволжского биома широколиственных лесов и лесостепи, где преобладают дубово-липовые леса с участием клёна платановидного и ильма по высоким водораздельным поверхностям и хребтам, северным затенённым склонам глубоко врезанных речных долин и балок. Причём, по П.Л. Горчаковскому [23, 24], в районах южного Предуралья дубовые леса приурочены к наиболее возвышенным местам холмисто-увалистого рельефа [25]. Заказник «Шалинский», а также природные парки «Река Чусовая» и «Оленьи Ручьи» по [4] оказались в Среднеуральском таёжном горном биоме, а ООПТ «Припышминские боры» в Западносибирском южном мелколиственнолесном равнинном биоме.

Кунгурская островная сосново-берёзовая лесостепь (рис. 1, зона I), площадью 10-12 тыс. км² [26], административно относящаяся к восточной части не только Кунгурского и Уинского районов, но и частично Ординского, Октябрьского Суксунского, Березовского и Кишертского районов Пермского края, как природный феномен в отличие от зональных лесостепей европейской части России имеет ярко выраженный сибирский облик, а преобладание там открытых ландшафтов, флористическое своеобразие растительных группировок и другие особенности позволяют выделить эту территорию в отдельный геоботанический район со значительными отличиями от прочих районов таёжного Прикамья [26] и, следуя С.И. Коржинскому и П.Л. Горчаковскому [24], назвать её ботаническим феноменом Предуралья. Оказалось, что мозаичный ландшафт биотопов Кунгурской лесостепи с доминированием берёзы, сложился ещё в постледниковое время [23] и до настоящего времени предопределяет её низкую лесистость (в среднем менее 35 %) при колебаниях от 20-55 %. Болотные же фитоценозы карстовых воронок там ближе к болотным формациям лесостепи Зауралья, нежели к таковым Пермского края. Основные типы древесной растительности этой лесостепи – вторичные берёзово-осиновые, смешанные хвойно-мелколиственные и хвойно-широколиственные леса, а также травяные и остепнённые сосняки и старые парковые березняки, занимающие участки на возвышенных береговых террасах. Тем не менее, по [26] современный этап развития растительного покрова Кунгурской степи характеризуется замещением широколиственных и лесостепных формаций формациями тёмнохвойной елово-пихтовой тайги, что скорее указывает на редукцию лесостепи, нежели леса. Лишь в междуречье Сылвы и Ирени ель и пихта пока не смогли вытеснить ковыльную степь из-за хорошо развитого там, иссушающего почву, карста. Сосна же и лиственница, как наследие плейстоцена, успешно закрепились на закарстованных участках и составили там конкуренцию европейским степным мигрантам ксеротермического времени (5-6 тыс. лет назад). В итоге влияния двух волн миграции растений: с плейстоцена (сибирские остепненные боры) до середины голоцена (европейские ковыльные степи) растительность и почвы Кунгурской лесостепи приобрели нынешний вид: в северной части с серыми лесными почвами, а в южной – с деградированными и оподзоленными чернозёмами на известняках, гипсах и доломитах.

Красноуфимская островная лесостепь также считается ботаническим феноменом Предуралья, так как является экстразональным элементом внутри подзоны смешанных хвойно-широколиственных лесов, не имеющим контакта с зональной лесостепью. Согласно [4, с. 417], она относится к северо-восточной части Приуральской части равнинного Заволжского биома широколиственных лесов и лесостепи и расположена в основном на левобережье р. Уфы, вклиниваясь на правобережье в окрестностях г. Красноуфимска и далее на север по долине р. Иргины до с. Брехово Пермской области (рис. 1, зона II), где контактирует с Кунгурской островной лесостепью. Рельеф Красноуфимской лесостепи слабо всхолмлен (высоты 300-350 м) и расчленен р. Уфой с притоками. С запада к ней примыкают Уфимское плато и Сылвинский кряж, на востоке – Сабарская возвышенность, а к югу – Месягутовская островная лесостепь. Дубово-сосновые и сосново-дубовые леса в красноуфимской лесостепи занимают слабопокатые увлажнённые местоположения, а редкостойные дубово-берёзовые злаково-снытевые сообщества распространены на юго-востоке лесостепи. Сосновые и берёзово-сосновые леса с подлеском из ракитника встречаются небольшими фрагментами на высоких местоположениях, а зелёномошно-травяные сообщества – на более низких гипсометрических уровнях [27]. В целом же во флоре Красноуфимской лесостепи преобладает травянистая растительность (90,3 %), кустарниковая – 7,4 %, а древесная – всего 2,3 %. Несмотря на то, что растительный покров Красноуфимской лесостепи богат эндемиками и реликтами [28], статуса ООПТ она не имеет по причине распашки значительной части её территории. Примечательно, что по периметру и кунгурская, и красноуфимская лесостепь окружены тёмнохвойной тайгой с примесью широколиственных пород. Это наглядно видно при сопоставлении её фитосообществ с

растительностью соседнего государственного природного заказника «Шалинский» (рис. 1, зона V), природного парка «Река Чусовая» (рис. 1, зона VI), а также расположенного восточнее (примерно на той же широте природного парка «Оленьи Ручьи» площадью в 127 км², основанного в 1999 году, в зоне высокого сосредоточения геологических природных памятников. Древние природные процессы, протекавшие там десятки и сотни миллионов лет тому назад, с накоплением известняковых толщ палеозойского моря, мезозойским поднятием горных хребтов и последовавшей за тем эрозией известняков привели к образованию пещер и скал по берегам рек, воронок и карстовых провалов, а индикаторами смен климата и растительного покрова стали скопления реликтовых растений. Географически последний парк вообрал в себя участок долины р. Серги и часть Бардымского хребта от г. Нижние Серги до г. Михайловска.

Крайней восточной ООПТ Свердловской области со статусом национального парка, избранной для долготного природно-градиентного анализа гравииогеографии ООПТ, стал национальный парк «Припышминские боры», расположенный на территории Тугулымского и Талицкого районов и образованный в 1993 году. Для целей исследования парк оказался интересным по причине высокой продуктивности лесных массивов, занимающих около 90 % его площади, где на долю площади хвойных пород – сосны, ели, пихты и лиственницы, приходится более 60 %, а из лиственных пород преобладают осина, ольха, липа и особенно берёза. Интерес представляют также пойма р. Пышмы с разнотравными лугами и болота.

С позиций гравииогеографии изучение выделенных ООПТ показывает, что Кунгурская островковая лесостепь (I) и Красноуфимская островковая лесостепь (II) оказались в области обширных положительных гравитационных аномалий, то есть в зоне сосредоточения избыточной региональной массы для изостатического уравнивания дневной поверхности и земной коры, где концентрация фитомассы излишня. Уравнивание дневной поверхности здесь в основном происходит механическим разуплотнением горных пород (образованием карста) и геохимически (минералообразованием в твёрдых или жидких средах). Вместе с тем наблюдающийся характер и тенденции олеснения указывают и на более сложную картину мозаичной гравииокомпенсации, вызванную чрезмерным развитием карста. Природный парк «Оленьи ручьи» (III) и национальный парк «Припышминские боры» (IV), напротив, оказались расположены в зоне дефицита массы дневной поверхности для её идеального уравнивания, что было скомпенсировано лесными массивами с высокими показателями фитомассы – островками вековых реликтовых боров (табл. 1).

То же, но с дополнением на гравииокомпенсирующую роль водоёмов и водотоков, можно сказать и о территории государственного природного заказника «Шалинский» [29], расположенного в бассейне реки Вогулки (притока р. Сылва) на территориях Нижнесергинского района и Шалинского городского округа, на что указывает и его специализация по сохранению биоразнообразия и поддержания поголовья бобра, норки, выдры и ондатры, подтверждающая гипотезу. Леса там занимают более 85 % его площади. С гравииогеографических позиций заказник расположен в зоне значительной отрицательной гравииоаномалии от -15 мГл (на западе: в районе населённого пункта Шамары) до -20 мГл – на востоке (в районе населённого пункта Шаля). Не трудно понять, что скопление там бобра, прочих водных животных при значительных отрицательных гравииополусах – признак стоковых территорий с тенденцией не только к олеснению, но и к заболачиванию, обеспечивающего недостающую компенсацию веса для приведения территории к идеальному изостатическому равновесию.

В целом, приведённое выше справедливо для всей территории Шалинского лесничества с центром в п. Шамары, простирающейся с севера на юг на 75 км, а с востока на запад – на 125 км. В геоботаническом аспекте леса здесь, как уже отмечалось, относятся к Среднеуральскому таёжному биому и представляют собой сплошной лесной массив, западная часть которого разделена р. Сылвой.

В главном сходны с вышеуказанными территориями и леса природного парка «Река

Чусовая» [30], расположенные не только на территории Шалинского района и посёлка Староуткинск, но и Пригородного района МО Нижний Тагил. Этот парк занимает среднее течение реки Чусовой (148 км по течению реки – от Камня Софронинского у границы с городом Первоуральском на юго-востоке до Камня Самаринского у границы с Пермским краем на северо-западе). Чусовая здесь течёт на высотах от 350 до 300 м над уровнем моря. Общая площадь парка с Чусовским и Висимским участками – 104395 га. Из них земли лесного фонда занимают 98594 га. 62,7 % ландшафтов парка по типу относятся к восточноевропейским южнотаёжным возвышенно-равнинным, 27,6 % – к средне- и южнотаёжным с горнотаёжным тёмнохвойным лесом и низкогорными ландшафтами, 9,8 % – к южнотаёжным западносибирским низменным ландшафтам. Основу флоры составляют хвойные и лиственные леса, в которых доминируют ель и сосна, осина и берёза, но встречаются и кедр с липой. В гравииотношении среди упомянутых пород есть как мягкопородные (с низкой плотностью древесины), так и твёрдопородные (высокоплотные). При самой Чусовой там в основном произрастают ель, пихта, сосна, лиственница, берёза и осина. Водные объекты в парке занимают площадь в 1129 га. К ним относятся и два достаточно крупных водоёма: Смородинское водохранилище площадью в 12 га и озеро Бездонное площадью в 3 га, а также сама река Чусовая с притоками и скалами-останцами с характерной скальной флорой. С позиций гравиигеографии южная и серединная часть Чусовского участка парка расположены в зоне от -10 мГл до -5 мГл и -2 мГл – в наиболее возвышенном юго-восточном районе с самой высокой вершиной в долине реки Чусовой г. Сабик (531 м), поросшей тёмнохвойным лесом. В северной части парка (от камня с говорящим названием – Омутной до границы с Пермским краем) – аномалия возрастает от -10 до – 15 мГл.

Если теперь с гравиигеографических позиций проанализировать объёмные и удельные веса почвенных покровов [31], а также древесных пород разной степени влажности (от мокрого, до свежесрубленного и сухого) [32], то обнаруживаются следующие возможности гравиикомпенсации (табл. 2).

Как видно из таблицы, как минералы с почвами, так и растительные покровы с особым подбором фитоценозов и древесных пород позволяют создавать тонкую весовую подстройку равновесия дневной поверхности и, варьируясь по объёмным и удельным весам возле значения плотности воды (1000 кг/м^3) – основного вещества биосферного круговорота – расширяют её гравиикомпенсирующий диапазон (от 900 кг/м^3 (лёд) у пресной воды до $1010\text{-}1030 \text{ кг/м}^3$ в морской солёной воде и до 1200 кг/м^3 в соляных озёрах с рапой). Плотность почв варьируется в ещё большем диапазоне: от 240 кг/м^3 (торфяная почва) до 1800 кг/м^3 в подзолистой грубозернистой песчаной почве. Для древесных пород плотности варьируются: в южных широтах: от 230 кг/м^3 (пробковое дерево) до $1100\text{-}1330 \text{ кг/м}^3$ у железного и чёрного дерева; в средних – от 370 кг/м^3 у сухой пихты до 1160 кг/м^3 у мореных или мокрых дуба и клёна. Если же принять во внимание различную разреженность самих лесных массивов, то диапазон создаваемых нагрузок может меняться до нуля. Дополнительно варьировать нагрузку на дневную поверхность древостоев позволяет их усыхание и горимость (остроконечные вершины пихтоельников особо поражаемы молниями). При сукцессиях, после пожаров тёмнохвойных лесов гравиикомпенсация обеспечивается за счёт приоритетного роста сначала наиболее тяжёлых сортов деревьев: берёзы ($0,87 \text{ кг/м}^3$), а затем уже менее тяжёлых: берёзово-сосновых ($0,87\div 0,82$) кг/м^3 с тенденцией к снижению удельного веса породы до $0,82 \text{ (кг/м}^3)$ в сосновых лесах, ($0,82\div 0,70$) кг/м^3 – в сосново-кедровых, ($0,70\div 0,60$) кг/м^3 – в кедрово-пихтовых и ($0,74\div 0,60$) кг/м^3 – в пихто-ельничных. Те же функции в экотональных зонах (лес-лесотундра или лесостепь-степь) выполняют, вероятно, наиболее плотные сорта деревьев с опадом хвои или листвы (лиственница, дуб, ясень, вяз, клён). В целом гравиикомпенсация в фитоценозах идёт посредством сглаживания неравномерностей и темпов прироста общего количества фитомассы.

Таблица 2 – Плотность основных минералов, горных пород, почв и деревьев

Минерал, горная порода	$x \cdot 10^3$, кг/м ³	Минерал, горная порода	$x \cdot 10^3$, кг/м ³
Снег (свежий, слежавшийся)	0,16; 0,48	Сланец глинистый	2,3-3,0
Лёд	0,9	Песчаный сланец	2,3-3,0
Вода	1	<i>Почвы</i> (вес: объёмный – удельный)	
Угольная пыль	0,75	Почва торфяная пахотная (объёмный)	0,24 – 1,6
Смола хвойная	0,865	Торф (сухой, сырой)	0,4; 0,8
Гудрон (деготь)	1,15	Выщелоченный чернозём степной	0,9 – 2,49
Опока (кремнистая глина, кремнистый мергель)	1,0-1,6	Чернозём мощный с 10% перегноя	1,04 – 2,37
Уголь битуминозный	1,35	Земля-суглинок (сухая, мокрая)	1,25; 1,6
Уголь древесный	1,45	Подзолистая суглинистая	1,24 – 2,50
Песок (сухой, мокрый)	1,3-2,0	Подзолистая тонко-зернистая песчаная	1,66 – 2,63
Мел	1,44	Подзолистая грубо-зернистая песчаная	1,80 – 2,66
Мергель	1,5-2,8	<i>Древесные породы</i>	Мокрые, свежесрубл., сухие
Брекчия	1,6-3,0	Дуб	1,16; 0,99; 0,67
Песчано-гравийная смесь сухая	1,65	Ясень	1,15; 0,96; 0,64
Песчано-гравийная смесь мокрая	2,02	Вяз	1,11; 0,94; 0,61
Глина	1,2-2,4	Лиственница	1,10; 0,94; 0,59
Глина (влажная, сухая)	1,60-1,75	Клён	1,16; 0,87; 0,65
Доломит	1,80-3,15	Берёза	1,05; 0,87; 0,60
Песчаник	2,0-2,9	Ольха	0,88; 0,81; 0,49
Конгломерат	2,1-3,0	Сосна	0,85; 0,82; 0,47
Соль каменная	2,15-2,3	Липа, осина	0,83; 0,76; 0,47
Гипс	2,3-2,4	Ель	0,75; 0,74; 0,42
Ангидрит	2,4-2,9	Тополь	0,76; 0,70; 0,43
Сланец глинистый	2,3-3,0	Кедр	0,73; 0,70; 0,41
Песчаный сланец	2,3-3,0	Пихта	0,63; 0,60; 0,37

Ещё одним инструментом регуляции весовой нагрузки леса является дифференциация в нём веса за счёт почв, причём, не только посредством их селекции и неравномерного площадного накопления, но благодаря их разному уплотнению с ростом глубины слоя. При этом объёмные и удельные веса почвенных слоёв увеличиваются, а порозность уменьшается. Например, если при углублении от поверхностного слоя (0-10 см) до глубины в 1 м в степном выщелоченном чернозёме объёмный и удельные веса увеличиваются с 0,90 до 1,14 г/см³, соответственно, а порозность уменьшается с 64 до 57 % на 7 %, то для среднеподзолистой почвы на тех же горизонтах объёмный вес растёт в большем диапазоне: с 1,33 г/см³ до 1,78 г/см³ при большем изменении порозности – на 15 % (с 49 % до 34 %). Всё это требует самого глубокого осмысления географии почв и фитоценозов с позиций гравиигеографии.

Выводы

Гравиигеография позволяет понять причины аazonальности природных зон юга Свердловской области и дать ключ к изучению и объяснению такого феномена. В частности, в её рамках фундаментальной причиной локализации экстраazonальных островковых Кунгурской лесостепи в юго-восточной части Пермского края и Красноуфимской – в

юго-западной части Свердловской области являются положительные гравитационные аномалии или избыток там веса пород дневной поверхности для изостатического уравнивания. Причиной сосредоточения водных и растительных сообществ с повышенными объёмными и удельными весовыми характеристиками и фитопродуктивностью в районах расположения заказника «Шалинского», региональных природных парков «Оленьи Ручьи» и «Река Чусовая», а также национального парка «Припышминские боры» является дефицит там веса поверхностных природных тел для приведения дневной поверхности в состояние идеального изостатического уравнивания. Поэтому, в крайней восточной точке южного широтного коридора в пределах Свердловской области антиподально Кунгурской и Красноуфимской островковым лесостепям и оказался национальный парк «Припышминские боры» с высокой степенью фитопродуктивности. В отличие от пихты (с удельным весом древесины в 600 кг/м^3), характерной для западного склона Урала, там сконцентрировались более весомые сосновые (820 кг/м^3), еловые (740 кг/м^3) и лиственничные породы (940 кг/м^3), отчасти гравикокомпенсирующие также и меньшее количество осадков на восточном склоне. Важно указать, что именно гравифактор и гравиигеография первичны в формировании ландшафтов, ландшафтных и климатических изменений, а не наоборот, как это считается ныне.

В части II данной статьи особенности экстразональности лесных и степных особо охраняемых природных территорий Урала с позиций гравиигеографии будут проанализированы на примере ООПТ Южного Урала с реликтовыми борами, а известные из прямых наблюдений значения фитомассы будут сопоставлены с рассчитанными на основе представленной модели.

Благодарности

Работа выполнена по плану НИР Института экономики УрО РАН на 2021-2023 гг.

Список литературы

1. Walter H., Breckle S.-W. Okologische Grundlagen in global sicht. Stuttgart: G. Fischer, 1991. 586 p.
2. Burgess N.D., Powell G., Underwood E.C., D. Amigo, Itoua I., Strand H.E., Morisson J.C., Colby, Loucks C.J., Allnut T.F., Ricketts T.H., Kura Y., Lamoreux J.F., WeHengel W.W., Hedao P. and Kassen K.R. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth // BioScience. 2001. vol. 51. no 11. pp. 933-938.
3. Огуреева Г.Н., Котова Т.В. Биогеографические карты для геопространственного анализа экологического потенциала территории России // Геоботаническое картографирование. 2013. С. 136-144.
4. Биоразнообразие биомов России. Равнинные биомы / Под ред. Г.Н. Огуреевой. М.: ФГБУ «ИГКЭ», 2020. 623 с.
5. Swenson S., Wahr J. Methods for inferring regional surface-mass anomalies from GRACE measurements of time variable gravity // J. Geophys. Res. 2002. vol. 107. pp. 21-93. DOI:10.1029/2001JB000576.
6. Frappart F., Ramillien G., Famiglietti J.S. Water balance of the Arctic drainage system using GRACE gravimetry products // Intern. J. Remote Sensing. 2011. vol. 32. no 2. pp. 431-453. DOI:10.1080/01431160903474954.
7. Zotov L., Shum C., Frolova N. Gravity changes over Russian rivers basins from GRACE // Planetary Exploration and Science: Recent Results and Advances. Springer, Berlin, Heidelberg, 2015. pp. 45-59.
8. Зотов Л.В., Фролова Н.Л., Григорьев В.Ю., Харламов М.А. Использование спутниковой системы измерения поля гравитации (GRACE) для оценки водного баланса

крупных речных бассейнов // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2015. № 4. С. 27-33.

9. Айбулатов Д.Н., Зотов Л.В., Фролова Н.Л., Чалов С.Р. Современные возможности использования методов дистанционного зондирования для получения информации о водных объектах // Земля из космоса – наиболее эффективные решения. 2015. С. 34-37.

10. Зотов Л.В., Фролова Н.Л., Шам С.К. Гравитационные аномалии в бассейнах крупных рек России // Природа. 2016. № 5. С. 3-8.

11. Зотов Л.В. Исследование связей между вращением Земли и геофизическими процессами. М: ГАИШ МГУ, 2019. 302 с.

12. Литовский В.В. Гравиогеография Урала и сопряженных территорий. М.: ГЕОС, 2020. 474 с.

13. Вернадский В.И. Химическое строение Биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 2001. С. 123-124.

14. GIS-Lab. Открытые данные Лаборатории. [Электронный ресурс]. URL: <http://gis-lab.info/qa/geology-geophysics-open-data-sources.html> (дата обращения: 15.11.2021).

15. Open Map Mineral (ОММ). Интерактивная электронная карта недропользования Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <https://openmap.mineral.ru> (дата обращения: 15.11.2021).

16. Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: предельная продуктивность и география. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 405 с.

17. Усольцев В.А. Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 368 с.

18. Усольцев В.А., Воробейчик Е.Л., Бергман И.Е. Биологическая продуктивность лесов Урала в условиях техногенного загрязнения: исследование системы связей и закономерностей. Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. 365 с.

19. Усольцев В.А. Биологическая продуктивность лесообразующих пород в климатических градиентах Евразии. Екатеринбург: УГТУ, 2016. 383 с.

20. Усольцев В.А. Фитомасса модельных деревьев лесообразующих пород Евразии: база данных, климатически обусловленная география, таксационные нормативы. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехнический ун-т, 2016. 335 с.

21. Информационно-справочная система «ООПТ России» (ИИС ООПТ). [Электронный ресурс]. URL: <http://oopt.info> (дата обращения: 15.11.2021).

22. Федеральные особо охраняемые природные территории, в которых представлены степные экосистемы // Информационно-справочная система «ООПТ России» [Электронный ресурс]. URL: <http://oopt.info/index.php?page=192> (дата обращения: 15.11.2021).

23. Горчаковский П.Л. Основные проблемы исторической фитогеографии Урала. Свердловск, 1969. 286 с.

24. Горчаковский П.Л. Уникальные участки степной растительности // Научные основы размещения природных резерватов Свердловской области. Свердловск, 1980. С. 20-34.

25. Лесной план Свердловской области на 2019-2028 годы. Указ Губернатора Свердловской области от 18.09.2019 № 450-УГ. [Электронный ресурс]. URL: http://www.pravo.gov66.ru/media/pravo/450-УГ_HVdmR5Z.pdf (дата обращения: 15.11.2021).

26. Кадебская О.И., Наумкин Д.В. Ключевые ландшафтные территории Кунгурской островной лесостепи (Пермский край) // Степи Северной Евразии. Материалы VI междунар. симпоз. и VIII междунар. школы-семинара «Геоэкологические проблемы степных регионов». Оренбург: ИПК «Газпромнефть», 2012. С. 321-326.

27. Никонова Н.Н., Ерохина О.В., Пустовалова Л.А., Шурова Е.А. Современное состояние и история развития растительного покрова Красноуфимской лесостепи // Вестник Томского гос. ун-та. 2012. № 365. С. 212-217.

28. Горчаковский П.Л. Красноуфимская лесостепь – ботанический феномен Предуралья // Ботанический журнал. 1967. Т. 52. № 11. С. 1574-1591.
29. Шалинский государственный природный заказник // ИАС «ООПТ России». [Электронный ресурс]. URL: <http://oort.aari.ru/oort/Шалинский> (дата обращения: 15.11.2021).
30. Природный парк Река Чусовая // ИАС «ООПТ России». [Электронный ресурс]. URL: <http://oort.aari.ru/oort/Река-Чусовая> (дата обращения: 15.11.2021).
31. Общие физические свойства почв // Большой информационный архив. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://big-archive.ru/geography/pedology/21.php> (дата обращения: 15.11.2021).
32. Плотность горных пород // Большой информационный архив. 2021 <https://big-archive.ru>. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.drillings.ru/plotnost> (дата обращения: 15.11.2021).

Конфликт интересов: Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 29.11.2021
Принята к публикации 17.12.2021

ON THE EXTRAZONALITY OF FOREST AND STEPPE SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS OF THE URALS FROM THE VIEWPOINT OF GRAVIOGEOGRAPHY. PART. I

V. Litovskiy

Institute of Economics of the Ural Branch Russian of the Russian Academy of Sciences,
Russia, Yekaterinburg
e-mail: VLitovskiy1@yandex.ru

The biogeography of the Specially Protected Natural Areas (SPNA) of the south of Middle Urals is first analyzed based on the original author's graviographic approach. The spatial features of the extrazonality of steppe protected areas are investigated. It has been established that extrazonality is associated with zones of anomalies of the gravitational field and its poles, where the highest concentration or deconcentration of natural resources, including biomatter, is observed. The theoretical assessment of the values of “excess” and “scarce” masses of matter in the studied zones, as well as phytomass, was carried out based on the fundamental principle of isostasy.

Key words: Urals, specially protected natural objects, biomes, forest, steppe, extrazonality, graviogeography.

References

1. Walter H., Breckle S.-W. *Okologische Grundlagen in global sicht*. Stuttgart: G. Fischer, 1991. 586 p.
2. Burgess N.D., Powell G., Underwood E.C., D. Amigo, Itoua I., Strand H.E., Morisson J.C., Colby, Loucks C.J., Allnutt T.F., Ricketts T.H., Kura Y., Lamoreux J.F., WeHengel W.W., Hedao P. and Kassen K.R. *Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth*. BioScience. 2001. vol. 51. no. 11. pp. 933-938.
3. Ogureeva G.N., Kotova T.V. *Biogeograficheskie karty dlya geoprostranstvennogo analiza ekologicheskogo potentsiala territorii Rossii. Geobotanicheskoe kartografirovaniye*. 2013. S. 136-144.
4. *Bioraznoobrazie biomov Rossii. Ravninnyye biomy*. Pod red. G.N. Ogureevoy. M.: FGBU “IGKE”, 2020. 623 s.

5. Swenson S., Wahr J. Methods for inferring regional surface-mass anomalies from GRACE measurements of time variable gravity. *J. Geophys. Res.* 2002. vol. 107. pp. 21-93. DOI:10.1029/2001JB000576.
6. Frappart F., Ramillien G., Famiglietti J.S. Water balance of the Arctic drainage system using GRACE gravimetry products. *Intern. J. Remote Sensing.* 2011. vol. 32. no. 2. pp. 431-453. DOI:10.1080/01431160903474954.
7. Zotov L., Shum C., Frolova N. Gravity changes over Russian rivers basins from GRACE. *Planetary Exploration and Science: Recent Results and Advances.* Springer, Berlin, Heidelberg, 2015. pp. 45-59.
8. Zotov L.V., Frolova N.L., Grigor'ev V.Yu., Kharlamov M.A. Ispol'zovanie sputnikovoi sistemy izmereniya polya gravitatsii (GRACE) dlya otsenki vodnogo balansa krupnykh rechnykh basseinov. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya.* 2015. N 4. S. 27-33.
9. Aibulatov D.N., Zotov L.V., Frolova N.L., Chalov S.R. Sovremennyye vozmozhnosti ispol'zovaniya metodov distantsionnogo zondirovaniya dlya polucheniya informatsii o vodnykh ob"ektakh. *Zemlya iz kosmosa – naibolee effektivnyye resheniya.* 2015. S. 34-37.
10. Zotov L.V., Frolova N.L., Sham S.K. Gravitatsionnyye anomalii v basseinakh krupnykh rek Rossii. *Priroda.* 2016. N 5. S. 3-8.
11. Zotov L.V. Issledovanie svyazei mezhdru vrashcheniem Zemli i geofizicheskimi protsessami. M: GAISH MGU, 2019. 302 s.
12. Litovskii V.V. Graviogeografiya Urala i sopryazhennykh territorii. M.: GEOS, 2020. 474 s.
13. Vernadskii V.I. Khimicheskoe stroenie Biosfery Zemli i ee okruzheniya. M.: Nauka, 2001. S. 123-124.
14. GIS-Lab. Otkrytye dannyye Laboratorii. [Elektronnyy resurs]. URL: <http://gis-lab.info/qa/geology-geophysics-open-data-sources.html> (data obrashcheniya: 15.11.2021).
15. Open Map Mineral (OMM). Interaktivnaya elektronnyaya karta nedropol'zovaniya Rossiiskoi Federatsii. [Elektronnyy resurs]. URL: <https://openmap.mineral.ru> (data obrashcheniya: 15.11.2021).
16. Usol'tsev V.A. Fitomassa lesov Severnoi Evrazii: predel'naya produktivnost' i geografiya. Ekaterinburg: UrO RAN, 2003. 405 s.
17. Usol'tsev V.A. Fitomassa i pervichnaya produktsiya lesov Evrazii. Ekaterinburg: UrO RAN, 2010. 368 s.
18. Usol'tsev V.A., Vorobeichik E.L., Bergman I.E. Biologicheskaya produktivnost' lesov Urala v usloviyakh tekhnogennogo zagryazneniya: issledovanie sistemy svyazei i zakonomernosti. Ekaterinburg: UGLTU, 2012. 365 s.
19. Usol'tsev V.A. Biologicheskaya produktivnost' lesoobrazuyushchikh porod v klimaticheskikh gradientakh Evrazii. Ekaterinburg: UGTU, 2016. 383 s.
20. Usol'tsev V.A. Fitomassa model'nykh derev'ev lesoobrazuyushchikh porod Evrazii: baza dannykh, klimaticheskii obuslovlennaya geografiya, taksatsionnyye normativy. Ekaterinburg: Ural. gos. lesotekhnicheskii un-t, 2016. 335 s.
21. Informatsionno-spravochnaya sistema "OOPT Rossii" (IIS OOPT). [Elektronnyy resurs]. URL: <http://oopt.info> (data obrashcheniya: 15.11.2021).
22. Federal'nye osobo okhranyaemye prirodnyye territorii, v kotorykh predstavleny stepnyye ekosistemy. Informatsionno-spravochnaya sistema "OOPT Rossii" [Elektronnyy resurs]. URL: <http://oopt.info/index.php?page=192> (data obrashcheniya: 15.11.2021).
23. Gorchakovskii P.L. Osnovnyye problemy istoricheskoi fitogeografii Urala. Sverdlovsk, 1969. 286 s.
24. Gorchakovskii P.L. Unikal'nye uchastki stepnoi rastitel'nosti. Nauchnyye osnovy razmeshcheniya prirodnykh rezervatov Sverdlovskoi oblasti. Sverdlovsk, 1980. S. 20-34.
25. Lesnoi plan Sverdlovskoi oblasti na 2019-2028 gody. Ukaz Gubernatora Sverdlovskoi oblasti ot 18.09.2019 N 450-UG. [Elektronnyy resurs]. URL:

- http://www.pravo.gov66.ru/media/pravo/450-UG_HVdmR5Z.pdf (data obrashcheniya: 15.11.2021).
26. Kadebskaya O.I., Naumkin D.V. Klyuchevye landshaftnye territorii Kungurskoi ostrovnoi lesostepi (Permskii krai). Stepi Severnoi Evrazii. Materialy VI mezhdunar. simpoz. i VIII mezhdunar. shkoly-seminara "Geoekologicheskie problemy stepnykh regionov". Orenburg: IPK "Gazprompechat", 2012. S. 321-326.
27. Nikonova N.N., Erokhina O.V., Pustovalova L.A., Shurova E.A. Sovremennoe sostoyanie i istoriya razvitiya rastitel'nogo pokrova Krasnoufimskoi lesostepi. Vestnik Tomskogo gos. un-ta. 2012. N 365. S. 212-217.
28. Gorchakovskii P.L. Krasnoufimskaya lesostep' – botanicheskii fenomen Predural'ya. Botanicheskii zhurnal. 1967. T. 52. N 11. S. 1574-1591.
29. Shalinskii gosudarstvennyi prirodnyi zakaznik. IAS "OOPT Rossii". [Elektronnyi resurs]. URL: <http://oopt.aari.ru/oopt/Shalinskii> (data obrashcheniya: 15.11.2021).
30. Prirodnyi park Reka Chusovaya. IAS "OOPT Rossii". [Elektronnyi resurs]. URL: <http://oopt.aari.ru/oopt/Reka-Chusovaya> (data obrashcheniya: 15.11.2021).
31. Obshchie fizicheskie svoistva pochv. Bol'shoi informatsionnyi arkhiv. 2021. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://big-archive.ru/geography/pedology/21.php> (data obrashcheniya: 15.11.2021).
32. Plotnost' gornykh porod. Bol'shoi informatsionnyi arkhiv. 2021 <https://big-archive.ru> [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.drillings.ru/plotnost> (data obrashcheniya: 15.11.2021).

Сведения об авторах

Владимир Васильевич Литовский

Д.г.н., заведующий сектором размещения производительных сил и территориального планирования, Институт экономики УрО РАН

ORCID 0000-0002-4241-7846

Vladimir Litovskiy

Doctor of Geographical Sciences, Head of Sector of Productive Forces Distribution and Territorial Planning, Institute of Economics of the Ural Branch Russian of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Литовский В.В. К экстразональности лесных и степных особо охраняемых природных территорий Урала с позиций гравииогеографии. Ч. I // Вопросы степеведения. 2021. № 4. С. 23-36. DOI: 10.24412/2712-8628-2021-4-23-36