

А.С. Горбунов*, О.П. Быковская

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

**Автор для корреспонденции: gorbunov.ol@mail.ru*

Высотная организация равнинных ландшафтов (на примере Центрального Черноземья России)

Абсолютные и относительные высоты местности выступают важным фактором формирования механизмов организации геосистем не только в горах, но и на равнинах. Они предопределяют различия в показателях морфометрии земной поверхности, интенсивности и направленности ландшафтообразующих процессов, характере ландшафтных рисунков. Основная цель исследования состояла в выявлении зависимостей между высотами земной поверхности и ландшафтными метриками на четырех масштабных уровнях. В качестве исследуемой территории было выбрано хорошо изученное в ландшафтном плане Центральное Черноземье России. В ходе работ были подготовлены цифровые модели рельефа и ландшафтные карты, проведен их морфометрический, гидрологический, инсоляционный и текстурный анализы, результаты которых были сведены в базы данных оперативно-территориальных единиц разной размерности. Показатели ландшафтного устройства были разделены на три группы: условие, процесс, результат. В ходе проведенного исследования с помощью регрессионного анализа было установлено, что зависимость параметров расчлененности рельефа от абсолютных высот уменьшается с увеличением масштабного уровня исследования. В то время как зависимость показателей, характеризующих ландшафтообразующие процессы и ландшафтные текстуры от относительных высот, растут при уменьшении масштабного уровня исследования. Ранжирование оперативно-территориальных единиц разной размерности по показателям абсолютных и относительных высот позволило выделить единые в морфологическом и динамическом отношении высотно-ландшафтные системы. Также была разработана таксономическая схема высотно-ландшафтных систем, которая включает в себя следующие таксоны: отдел, класс, подкласс, тип, подтип, семейство, род, вид и подвид.

Ключевые слова: организация ландшафта, высотная дифференциация ландшафтов, высотно-ландшафтная система, регрессионный анализ.

Введение

Проблема организации ландшафта, как сложной парадинамической системы, в последние годы активно обсуждается в научной литературе, о чем свидетельствуют многочисленные работы, посвященные данной тематике. При этом термин «ландшафтная организация» понимается довольно широко, от ландшафтного устройства конкретной территории до процессов, формирующих ландшафт как систему. Приблизительно так же трактует термин «организация» Большая Советская энциклопедия, предлагающая рассматривать его, с одной стороны, как «внутреннюю упорядоченность, согласованность взаимодействия более или менее дифференцированных и автономных частей целого, обусловленных его строением», а с другой — как «совокупность процессов или действий, ведущих к образованию и совершенствованию взаимосвязей между частями целого» [1]. Такое широкое понимание термина вносит в ландшафтоведение некоторую путаницу, в результате чего под организацией ландшафта понимается практически все: внутреннее строение, пространственное устройство, динамические процессы и мн. др. По нашему мнению, организацию, в первую очередь, следует рассматривать

как процесс, имеющий множественные механизмы, в результате действия которых формируются определенные ландшафтные структуры.

Изучение механизмов организации ландшафтов находится еще в начальной стадии, что вызвано, с одной стороны, сложностью ландшафтного устройства, а с другой — трудностью получения объективных сведений о процессах, происходящих в геосистемах. Однако в последние годы совершенствование методов исследований и технических средств (геоинформационных технологий, аппарата математического моделирования, анализа данных дистанционного зондирования, приборной части) позволяет постепенно переходить от описательного уровня ландшафтного устройства к количественному анализу механизмов формирования ландшафта. Примером тому может служить целый ряд удачных исследований межкомпонентных и межландшафтных связей [2–7].

В механизмах организации ландшафта особая роль отводится факторам, влияющим на ландшафтообразующие процессы и структуры. В их числе важное значение имеют изменения абсолютных и относительных высот местности. В горах они способствуют образованию высотной поясности и ярусности горных стран. На равнинах проявляются в виде внутризональной вертикальной дифференциации ландшафтов [8], склоновой микроразнообразности [9], формирования звеньев ландшафтных катен [10], ландшафтных ярусов [11] и уровней [12] и др.

Научно-методические подходы к исследованию проблемы вертикальной дифференциации равнинных ландшафтов базируются на разработках отечественных и зарубежных ученых, которые по времени можно объединить в четыре этапа.

Появление первичных сведений о различиях природных компонентов возвышенных и низменных равнин. К этому периоду относятся работы середины XIX – начала XX века, посвященные преимущественно высотным отличиям почвенно-растительного покрова, в их числе труды Э.А. Эверсмана, А.Д. Нордмана, Ф.И. Рупрехта, М.Н. Богданова, П.А. Костычева, В.В. Докучаева, А.Н. Краснова, Г.И. Танфильева, Г.Ф. Морозова, Г.Н. Высоцкого [13].

Выявление закономерностей в вертикальной дифференциации компонентов природы и появление учения о вертикальной дифференциации ландшафтов. Включают в себя работы 20–40-х гг. XX века, среди которых следует отметить публикации А.А. Каминского, Е.Е. Федорова, С.А. Бастамова и Н.Н. Изюмова по высотным закономерностям изменения климата равнин; Б.А. Келлера, Г.Э. Гроссета, А.П. Ильинского, Е.М. Лавренко и А.В. Прозоровского, П.А. Смирнова по высотным отличиям растительного покрова; И.В. Тюрина, Л.И. Прасолова, С.С. Соболева по почвам; И.С. Шукина, Я.С. Эдельштейна по ярусности равнинного рельефа. В это время появился термин «вертикальная дифференциация ландшафтов», его предложил Ф.Н. Мильков в 1947 г. [14].

Установление внутрисистемных закономерностей в вертикальной дифференциации равнинных ландшафтов и их региональных особенностей. Этап объединяет работы по проблеме высотных различий равнинных ландшафтов 50–80-х гг. XX века. Среди них труды Ф.Н. Милькова [14, 15], Н.И. Дудника [16], М.А. Глазковой [10], Г.А. Белосельской [17], Н.И. Ахтырцевой [18], Г.Е. Гришанкова [19], З.П. Бердниковой [20], В.Б. Михно [21], А.А. Чибилёва [22], В.А. Николаева [11].

Математико-статистическое и геофизическое обоснование существования вертикальной дифференциации равнинных ландшафтов, геоинформационное моделирование высотно-ландшафтных систем. Работы современного этапа базируются на применении новых технологий в выявлении закономерностей в дифференциации ландшафтов равнин. В их числе можно отметить статьи В.Б. Михно [23], Б.Н. Нешатаева, А.А. Корнуса, А.Е. Шевченко [24], Г.И. Денисика, Л.М. Кирилюка [25], А.В. Бережного [26], А.С. Горбунова [27], И.П. Капитальчука [28], А.С. Табелиновой [29]. Проблема получила некоторое отражение и в англоязычной литературе, в частности, в работах Richard T.T. Forman [30], M.G. Turner, R.H. Gardner, R.V. O'Neill [31], Robert G. Baily [32], I.S. Zonneveld [33].

Методы и материалы

Общая методология исследования базировалась на следующих положениях:

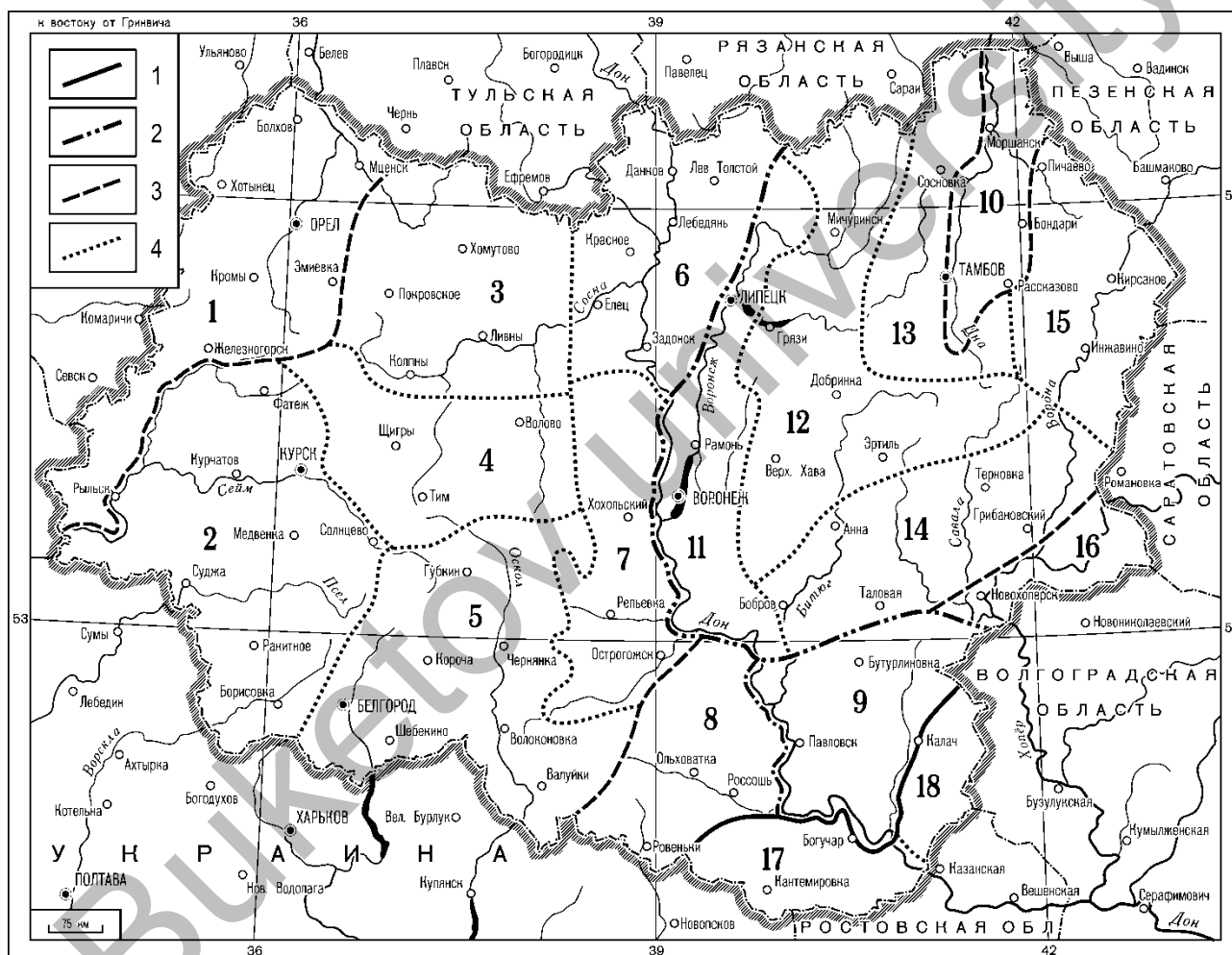
1) высотная дифференциация ландшафтов равнинных территорий — универсальное свойство качественного изменения геосистем в зависимости от различий рельефа и, прежде всего, его абсолютных и относительных высот. Несмотря на внутризональный характер, она находит достаточно яркое отражение в структуре и динамике геосистем и, таким образом, выступает в качестве индикатора трансформации зональных ландшафтов [26];

2) высотная дифференциация ландшафтов есть результат изменения интенсивности вертикальных потоков в ландшафтной сфере, и, в первую очередь, вызванных гравитационной энергией;

3) высота местности во многом предопределяет инвариантные свойства ландшафтов, скорость вещественно-энергетических потоков и направленность ландшафтообразующего процесса и, как следствие этого, на разных высотных срезах формируются разные ландшафтные рисунки (Викторов);

4) высотная дифференциация ландшафтов — полимасштабное явление, свойственное геосистемам различного таксономического ранга. В пределах Центрального Черноземья она проявляется в ландшафтах от уровня фации до физико-географической провинции;

5) в процессе вертикальной трансформации рельефа образуются высотно-ландшафтные системы, которые представляют собой динамически и морфологически единые группы ландшафтов различного таксономического ранга, имеющие общее высотное положение и сформировавшиеся вследствие совместного проявления двух основных направлений физико-географического процесса: горизонтального и вертикального.



Условные знаки: Границы: 1 — природных зон; 2 — физико-географических провинций; 3 — природных подзон; 4 — физико-географических районов. Цифрами на карте обозначены физико-географические районы: Лесостепная зона: провинция Среднерусской возвышенности: Подзона северной лесостепи: 1 — Верхнеокский. Подзона типичной лесостепи: 2 — Суджанский; 3 — Соснинский; 4 — Тимский; 5 — Осколо-Донецкий; 6 — Придонской известняково-карстовый; 7 — Придонской меловой. Подзона южной лесостепи: 8 — Калитвинский волнисто-балочный; 9 — Калачский овражно-балочный. Провинция Окско-Донской равнины: Подзона северной лесостепи: 10 — Цнинский долинно-зандровый. Подзона типичной лесостепи: 11 — Левобережный придолинно-террасовый; 12 — Центральный плоско-местный; 13 — Северо-восточный Прицининский; 14 — Южный Битого-Хоперский; 15 — Восточный Вороно-Цнинский. Подзона южной лесостепи: 16 — Среднехоперский. Степная зона: Провинция Среднерусской возвышенности: 17 — Богучарский правобережный; 18 — Южнокалачский левобережный.

Рисунок 1. Физико-географическое районирование Центрально-Черноземных областей [8]

В качестве территории исследования был выбран хорошо изученный в ландшафтном отношении регион России — Центральное Черноземье (Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая и Тамбовская области). Территория почти полностью располагается в пределах лесостепной зоны Русской равнины, провинциях Среднерусской, Приволжской возвышенностей и Окско-Донской равнины (лишь небольшая часть юга Воронежской области по схеме районирования Ф.Н. Милькова относится к северной степи) (рис. 1). Провинциальные различия в орографическом плане предопределили существование здесь внутризональной высотной дифференциации равнинных ландшафтов.

В числе основных задач исследования выступали:

– изучение степени влияния относительных и абсолютных высот на морфометрические параметры земной поверхности, показатели, характеризующие ландшафтообразующие процессы и текстуры типов местности;

– выявление зависимостей изменения характера связи перечисленных выше показателей на разных масштабных уровнях;

– выделение высотно-ландшафтных систем разной размерности и подготовка их классификации.

На первом этапе для проведения исследования на территорию Воронежской области в программе SagaGIS была подготовлена ЦМР с разрешением в 10 м. Для Центрального Черноземья использовалась гидрологически скорректированная модель рельефа с разрешением 30 м, созданная D. Yamazaki [34]. В дальнейшем по обеим моделям были рассчитаны показатели морфометрии рельефа (экспозиция, крутизна, общая, профильная, плановая, продольно-поперечная кривизна, позиционный индекс, индекс расчлененности рельефа, глубины долин, превышение водоразделов над тальвегами, водосборные площади, глубины замкнутых понижений), которые с определенной долей уверенности можно отнести к факторам, определяющим интенсивность ландшафтообразующих процессов. Для характеристики самих процессов на основе уже созданных моделей были рассчитаны следующие показатели: индекс развития плоскостного смыва, индекс линейной эрозии, индекс сноса и аккумуляции вещества, топографический индекс влажности, суммарная, прямая, рассеянная и фотосинтетически активная солнечная радиация, слой поверхностного стока и его работа.

На втором этапе на полученные модели были наложены сетки оперативно-территориальных единиц разной размерности: 25×25 км и 10×10 км — для Центрального Черноземья, 5×5 км и 1×1 км — для Воронежской области. Значения показателей из моделей (максимальные, минимальные, средние, дисперсия и разброс) были внесены в базу данных оперативно-территориальных единиц, после чего с помощью множественного регрессионного анализа были установлены зависимости между изменениями высот местности и значениями смоделированных показателей.

Для выявления текстурных особенностей ландшафтных рисунков использовались Ландшафтная карта вариантов типов местности Центрального Черноземья, масштаб 1:500 000, и Ландшафтная карта Воронежской области, масштаб 1:200 000 (рис. 2). В качестве показателя ландшафтной текстуры рассчитывалась энтропийная мера сложности ландшафтного рисунка [35].

На третьем этапе была проведена кластеризация значимых для высотной дифференциации ландшафтов показателей, выделены высотно-ландшафтные системы разного таксономического ранга и подготовлена их классификация.

Результаты и их обсуждение

Формирование высотной дифференциации ландшафтов как глобального явления происходит благодаря разнонаправленным потокам вещества и энергии, которые складываются из восходящих, нисходящих и латеральных потоков. Как отмечал Ф.Н. Мильков: «Выполняя в круговоротах различные функции, они играют неодинаковую, но равно важную ландшафтообразующую роль» [8]. Среди всех потоков особое значение имеют восходящие антигравитационные перемещения, поскольку они выступают начальным звеном формирования географических круговоротов. Изменения интенсивности и характера вертикальных потоков лежат в основе высотной дифференциации ландшафтной сферы и образования *высотно-ландшафтных систем*. Его основными энергетическими источниками выступают солнечная радиация, внутренняя энергия Земли и гравитационная энергия.

Солнечная радиация определяет интенсивность восходящих потоков в атмосфере, которые, в свою очередь, формируют высотные различия климатических условий и определяют верхнюю границу природных зон. Это было убедительно доказано Г.Е. Гришанковым (1972) при обосновании трехмерности географической зональности [20]. В экваториальных широтах, характеризующихся мощными восходящими потоками в атмосфере, верхняя граница природной зоны располагается на высо-

низменные полевые с черноземами выщелоченными; ПЛШ11б — плоские суглинистые низменные полевые с черноземами типичными; ПЛШ11в — плоские суглинистые низменные полевые с черноземами обыкновенными; ПЛШ11е — плоские суглинистые низменные полевые с серыми лесными почвами; ПЛШ13а — плоские песчано-суглинистые низменные полевые с черноземами выщелоченными; ПЛШ13в — плоские песчано-суглинистые низменные полевые с черноземами обыкновенными; ПЛШ13е — плоские песчано-суглинистые низменные полевые с серыми лесными почвами. *Междуречно-недренированные*: МПж — пологоволнистые суглинистые возвышенные полевые с лугово-черноземными почвами; МПжб — плоские суглинистые низменные полевые с лугово-черноземными почвами. *Водораздельно-зандровые*: ЗП2и — волнисто-бугристые пониженные лесо-полево-степные с черноземовидными песчаными почвами. *Склоновые*: С15н — суглинисто-меловые с глубоковрезанной эрозионной сетью лесо-полево-степные с почвами овражно-балочных склонов; СШ14н — суглинистые со слабоврезанной эрозионной сетью лесо-полево-степные с почвами овражно-балочных склонов. *Надпойменно-террасовые*: НТ11в — песчано-суглинистые ложбинно-лощинные высокие полевые с черноземами обыкновенными; НТ12б — песчано-суглинистые ложбинно-лощинные высокие лесо-полево-степные с черноземами типичными; НТ19з — песчаные ложбинно-западинные низкие лесные с дерново-лесными почвами; НТП7и — песчаные бугристокотловинные низкие лесные с черноземовидными песчаными почвами; НТП10и — песчаные ложбинно-западинные низкие лесо-полевые с черноземовидными песчаными почвами; НТП10е — песчаные ложбинно-западинные низкие лесо-полевые с серыми лесными почвами. *Пойменные*: ПШ13п — сегментные иловато-торфяные низкие лугово-болотные с иловато-болотными почвами.

Рисунок 2. Фрагмент ландшафтной карты Воронежской области (территория Новохоперского района) [36]

На Русской равнине, в связи с ее орографическим планом, возвышенности не достигают верхней границы природной зоны, в которой они расположены, поэтому повсеместно преобладает внутризональная вертикальная дифференциация, исключение составляют Вольно-Подольская возвышенность, Молдавские Кодры и отчасти Донецкий кряж, где наблюдаются зачатки высотной поясности.

Внутренняя энергия Земли предопределяет скорость и направленность вертикальных движений земной коры, вносящих существенный вклад в высотную дифференциацию рельефа. На высоко поднятых территориях (1000 м и более) наблюдается существенная трансформация климатических условий, сопровождающаяся глубокими изменениями зональных ландшафтов и формированием высотной поясности. Наряду с этим образовавшиеся перепады высот усиливают нисходящие потоки вещества и энергии, вызванные гравитационными силами.

Гравитационная энергия оказывает влияние на интенсивность большинства экзогенных ландшафтообразующих процессов, формирующих морфоскульптурный облик рельефа и рисунок ландшафта. Она не только компенсирует воздействие восходящих потоков за счет активизации денудационно-аккумулятивных процессов, но и определяет тесноту связей между геосистемами, регулируя объемы поверхностного стока, перенос твердого вещества, воздушные потоки. В этом отношении справедливо утверждение В.Н. Солнцева (2002) о том, что «гравитация выступает одним из двух равнозначных факторов формирования и функционирования ландшафтного пространства» [37].

Механизм формирования внутризональной высотной дифференциации ландшафтов и образование высотно-ландшафтных систем выглядит следующим образом: 1) изменение интенсивности вертикальных движений земной коры (тектоническое поднятие) вызывает высотное разобщение территории, увеличивается перепад высот между вершинной и базисной поверхностями; 2) возрастает потенциальная энергия поверхностного стока и уклоны между водоразделами и тальвегами; 3) увеличивается скорость водных потоков, растут их кинетическая энергия и работа; 4) увеличивается глубина и густота эрозионного расчленения, продолжается рост кинетической энергии и работы поверхностного стока; 5) формируется рисунок ландшафтного устройства, экспозиционные различия наклонных поверхностей; 6) трансформируется инсоляционный режим склонов разных экспозиций, появляются локальные различия в поступлении солнечной радиации и микроклиматических условий; 7) образуются морфологически и динамически схожие высотно-ландшафтные системы.

При опускании территории наблюдается обратный процесс: происходит накопление осадочных горных пород, выравнивание территории, уменьшается потенциальная и кинетическая энергия поверхностного стока, сглаживаются экспозиционные различия в инсоляции и микроклиматических условиях.

В связи с этим в качестве основной задачи высотно-ландшафтного анализа ставится выявление влияния абсолютных и относительных высот местности на совокупность показателей морфометрии рельефа, ландшафтообразующих процессов и итоговых свойств ландшафтного рисунка.

В первую очередь, необходимо установить, как связаны между собой абсолютные высоты местности и вертикальная расчлененность рельефа, поскольку последняя выступает ключевым фактором формирования высотно-ландшафтных систем (вертикальная расчлененность рельефа рассматрива-

лась как перепад высот в пределах оперативно-территориальных единиц разных размеров). Очевидно, что зависимость здесь должна присутствовать на всех исследуемых масштабных уровнях. Однако проведенный линейный регрессионный анализ показал, что значения коэффициента детерминации (R^2) по мере увеличения масштаба исследования уменьшались. Для ячеек размером 25×25 км $R^2=76,34$; 10×10 км — $R^2=59,00$; 5×5 км — $R^2=46,10$ и 1×1 км — $R^2=28,60$. Это говорит о том, что с увеличением масштаба исследования роль абсолютных высот в формировании вертикальной расчленённости рельефа уменьшается.

Иная ситуация наблюдается при установлении связи между относительным перепадом высот и показателями морфометрии рельефа. Так, проведенные расчеты показали, что зависимость между вертикальной расчлененностью и максимальной крутизной склонов по мере уменьшения масштаба исследования увеличивается, соответственно R^2 меняется от 22,84 для ячеек размером 25×25 км до 75,53 для ячеек 1×1 км. Аналогичная ситуация отмечается и для многих других показателей, в том числе для текстурных различий рисунка типов местности.

Поскольку по каждому масштабному уровню было рассчитано более 350 зависимостей, привести их все в рамках данной статьи не представляется возможным, по этой причине сделаем некоторые обобщения. Все реакции трех групп показателей (факторов, процессов и текстур) на изменения абсолютных и относительных высот можно объединить в пять групп: 1) показатели, реагирующие на изменения высот, при этом с увеличением масштабного уровня исследования зависимость растет. К таковым относятся большинство показателей морфометрии рельефа и ландшафтообразующих процессов, реагирующих на изменения абсолютных высот; 2) показатели, реагирующие на изменения высот, при этом с увеличением масштабного уровня исследования зависимость падает. В их число входят все основные показатели, связанные с изменением относительных высот; 3) показатели, реагирующие на изменение высот вне зависимости от масштабного уровня. К ним принадлежат взаимообусловленные или близкие по содержанию показатели, такие как глубины долин, превышение водоразделов над тальвегами, потенциальная энергия поверхностного стока, позиционный индекс и др. Зависимости их от относительных высот на всех масштабных уровнях остаются высокими; 4) показатели, не реагирующие на изменения высот на всех масштабных уровнях. Они включают в себя в основном средние значения показателей, как правило, связанных с инсоляцией. Также отмечено, что средние значения в пределах какой-либо оперативно-территориальной единицы имеют меньшую зависимость от высоты местности, нежели его максимальные величины или дисперсия, связано это с известными недостатками расчетов среднего арифметического; 5) показатели, хаотично реагирующие на изменения высот. Их не так много, в качестве примера можно привести показатель дневной освещенности, который в значительной мере предопределен расчленённостью рельефа в масштабе ячеек 1×1 км ($R^2=76,82$), а на остальных масштабных уровнях зависимость отсутствует.

В целом установлено, что абсолютные высоты влияют на морфометрию рельефа, показатели процессов и текстуру ландшафтов при низкой детализации матриц (25×25 км и 10×10 км), а перепад высот предопределяет изменчивость большей части показателей при высокой детализации матриц (1×1 км). Исходя из этого, возникает возможность провести ранжирование оперативно-территориальных единиц по показателям абсолютных и относительных высот с целью выявления однотипных в морфометрическом, динамическом и текстурном отношении высотно-ландшафтных систем разного таксономического ранга. Перед проведением группировки ячеек по высотным показателям, экспертным путем устанавливалось количество диапазонов, в качестве метода объединения значений был выбран подход естественных групп. В результате ранжирования ячеек размером 25×25 км в пределах Центрального Черноземья было обособлено три наиболее крупные высотно-ландшафтные системы уровня группы физико-географических районов: верхняя среднерасчлененная, средняя сильнорасчлененная и нижняя слаборасчлененная, которые находят некоторое соответствие с высотно-ландшафтными ступенями Ф.Н. Милькова.

Последующее ранжирование оперативно-территориальных единиц проводилось отдельно для каждой выделенной на предыдущем этапе высотно-ландшафтной системы. Группировка ячеек размером 10×10 км позволила по значениям абсолютных высот обособить высотно-ландшафтные системы уровня группы подрайонов. Их внутренняя структура довольно хорошо раскрывается матрицей размером 5×5 км, которая помогла выявить две внутриводораздельные высотные системы ландшафтной размерности и три междуречные. Ранжирование ячеек 1×1 км обособило высотно-ландшафтные системы уровня групп местностей.

Логичным завершающим итогом анализа высотной организации ландшафтов является подготовка классификации высотно-ландшафтных систем. На основании высотных различий рельефа, предопределивших дифференциацию литолого-геоморфологического строения, характера динамических взаимосвязей, направленности развития и общности структуры геосистем, была разработана *таксономическая схема высотно-ландшафтных систем*, включающая в себя: *отдел, класс, подкласс, тип, подтип, семейство, род, вид и подвид*. *Отделы* выделяются по типу контакта контрастных сред (литосфера–атмосфера, литосфера–гидросфера), в результате чего формируется высотная дифференциация ландшафтов суши и глубинная дифференциация аквальных геосистем. *Классы* обособливаются по перепаду высот морфоструктур первого порядка (горы–равнины), итогом деления являются высотная дифференциация равнинных ландшафтов и высотная поясность горных стран. *Подклассы* выделяются с учетом различий радиационного баланса, определяющего последующую высотную биоклиматическую дифференциацию геосистем. Результатом выделения является высотная дифференциация равнинных ландшафтов полярного, умеренного, субтропического и тропического поясов. *Типы* обособливаются на основании ступенчатости рельефа, формирующего ландшафты низменных, возвышенных и высоких равнин. *Подтипы* обособливаются с учетом преобладающих ландшафтообразующих процессов (аккумуляции и денудации) и предусматривают деление геосистем на долинные и междуречные. *Семейства* выделяются на основе зонального положения геосистем и биоклиматических особенностей высотной дифференциации равнинных ландшафтов. В основе выделения *родов* лежат различия вершинной поверхности водоразделов, определяющие местный перепад высот. Результатом деления выступает формирование на междуречьях низких, пониженных, возвышенных и высоких участков. *Виды* обособливаются внутри родов по особенностям водно-геохимического режима, сноса и аккумуляции вещества. На основании этого выделяются водораздельные автономные геосистемы, склоновые денудационно-транзитные, надпойменно-террасовые транзитно-аккумулятивные и пойменные аккумулятивные геосистемы. С учетом относительного высотного положения, морфологии и динамики локальных геосистем внутри видов обособляются *подвиды*. Примером их могут служить ландшафты центральных, привершинных, приречных водоразделов, высоких, пониженных и низких пойм, верхних, средних и нижних частей склонов. В предложенной схеме поясное и зональное деление ландшафтов суши поставлено на более низкие таксономические уровни по сравнению с известными классификациями Ф.Н. Милькова (1981), А.Г. Исаченко (1995), Д.Л. Арманда (1975), В.А. Николаева (1979) и других в связи с тем, что критерии их обособления представляются менее значимыми для процесса высотной трансформации ландшафтов суши.

Заключение

Таким образом в ходе проведенного исследования было установлено:

1. На механизмы организации геосистем существенное влияние оказывают высоты местности, которые предопределяют изменение интенсивности вертикальных потоков в ландшафтной сфере и, в первую очередь, процессов, инициированных гравитационной энергией Земли.
2. Зависимость показателей расчлененности рельефа, перепада высот, глубины вреза от абсолютных высот местности проявляется на уровне оперативно-территориальных единиц ландшафтной размерности (25×25 км и 10×10 км). При увеличении масштаба исследования зависимость пропадает.
3. Зависимость морфометрических показателей рельефа, характеризующих особенности строения земной поверхности, индексов ландшафтообразующих процессов и ландшафтных рисунков, отмечается на уровне оперативно-территориальных единиц, соответствующих размерности ландшафтного урочища и местности (1×1 км, 5×5 км). При уменьшении масштаба исследования зависимость пропадает.
4. Итогом высотной дифференциации показателей структуры геосистем, ландшафтообразующих процессов и ландшафтных рисунков выступают высотно-ландшафтные системы, которые представляют динамически и морфологически единые группы ландшафтов различного таксономического ранга, имеющих общее высотное положение.
5. Таксономическая схема высотно-ландшафтных систем имеет следующее соподчинение: отдел, класс, подкласс, тип, подтип, семейство, род, вид и подвид.

Исследование проведено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Проект 19-45-360005 р_а «Вертикальная дифференциация ландшафтов Воронежской области»).

Список литературы

- 1 Советский энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. — 4-е изд. — М.: Сов. энцикл., 1987. — 1600 с.
- 2 Хорошев А.В. Рельеф как фактор полимасштабной организации межкомпонентных связей в лесных ландшафтах Восточно-Европейской равнины / А.В. Хорошев // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. — 2010. — № 3. — С. 35–42.
- 3 Отображение пространственного варьирования свойств ландшафтного покрова на основе дистанционной информации и цифровой модели рельефа / Д.Н. Козлов [и др.] // Изв. РАН. Сер. Геогр. — М., 2008. — № 4. — С. 112–124.
- 4 Хорошев А.В. О способе выделения парциальных геосистем на основе анализа межкомпонентных связей в ландшафте / А.В. Хорошев // Изв. Рус. геогр. общ-ва. — 2012. — Т. 144, Вып. 2. — С. 19–28.
- 5 Пузаченко Ю.Г. Биогеоценоз как сложная динамическая система / Ю.Г. Пузаченко // Биогеоценология в XXI веке: идеи и технологии. — 2017. — С. 11–114.
- 6 Левченко Е.А. Диагностика внутриландшафтной дифференциации гидроморфизма почв лесостепи Вороно-Цнинского междуречья Приволжской возвышенности / Е.А. Левченко, Н.И. Лозбенев, Д.Н. Козлов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. — М., 2019. — № 3. — С. 38–48.
- 7 Коломыц Э.Г. Полиморфизм ландшафтно-зональных систем / Э.Г. Коломыц. — Пушино: Изд-во Отдела науч. и техн. информ. Пушин. науч. центра РАН, 1998. — 311 с.
- 8 Мильков Ф.Н. Ландшафтная география: избр. тр. / Ф.Н. Мильков. — Воронеж: Истоки, 2018. — 382 с.
- 9 Бережной А.В. Склоновая микрозональность ландшафтов Среднерусской лесостепи / А.В. Бережной. — Воронеж, Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1983. — 140 с.
- 10 Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов / М.А. Глазовская. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1964. — 230 с.
- 11 Николаев В.А. Ландшафты азиатских степей / В.А. Николаев. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. — 285 с.
- 12 Горбунов А.С. Вопросы оптимизации ландшафтно-экологической обстановки и вертикальная дифференциация ландшафтов лесостепи мелового юга среднерусской возвышенности / А.С. Горбунов О.П. Быковская // Аридные экосистемы. — 2012. — Т. 18, № 2(51). — С. 35–43.
- 13 Мильков Ф.Н. Воздействие рельефа на растительность и животный мир. (Биогеоморфологические очерки) / Ф.Н. Мильков. — М.: Географгиз, 1953. — 164 с.
- 14 Мильков Ф.Н. О явлении вертикальной дифференциации ландшафтов на Русской равнине / Ф.Н. Мильков // Вопросы географии. — 1947. — Сб. 3. — С. 87–102.
- 15 Мильков Ф.Н. О двухъярусной структуре равнинных ландшафтов / Ф.Н. Мильков // Науч. докл. высш. шк. Геол.-географ. науки. — 1958. — № 1. — С. 144–149.
- 16 Дудник Н.И. Высотная поясность ландшафтов на Русской равнине и особенно на Приволжской возвышенности / Н.И. Дудник // Науч. зап. Воронеж. отд. Геогр. общ-ва СССР. — 1965. — С. 18–23.
- 17 Белосельская Г.А. Основные вопросы вертикальной дифференциации ландшафтов Центральной лесостепи / Г.А. Белосельская // Вопросы ландшафтной географии. — 1969. — С. 16–24.
- 18 Ахтырцева Н.И. Вертикальная структура и вопросы эволюции ландшафтных комплексов Калачской возвышенности / Н.И. Ахтырцева // Науч. зап. Воронеж. отд. Геогр. общ-ва СССР. — 1970. — Вып. 2. — С. 53–59.
- 19 Бердникова З.П. О ярусной структуре склонового типа местности Среднерусской возвышенности / З.П. Бердникова // Науч. зап. Воронеж. отд. Геогр. общ-ва СССР. — 1972. — С. 26–36.
- 20 Гришанков Г.Е. Ландшафтные уровни материков и географическая зональность / Г.Е. Гришанков // Изв. АН СССР. Сер. Геогр. — 1972. — № 4. — С. 5–17.
- 21 Михно В.Б. Склоновая микрозональность ландшафтов известняково-карстовых районов ЦЧО / В.Б. Михно // Склоновая микрозональность ландшафтов. — Воронеж, 1974. — С. 20–29.
- 22 Чибилев А.А. Особенности вертикальной дифференциации ландшафтов на Общем Сырте / А.А. Чибилев // Вопросы структуры и динамики ландшафтных комплексов. — Воронеж, 1977. — С. 151–157.
- 23 Михно В.Б. Высотно-ландшафтные комплексы мелового юга Среднерусской возвышенности / В.Б. Михно, А.С. Горбунов // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. Геогр. и геоэкол. — 2001. — № 1. — С. 16–24.
- 24 Нешатаев Б.Н. Вертикальная дифференциация природно-территориальных комплексов равнинных регионов / Б.Н. Нешатаев, А.А. Корнус, А.Е. Шевченко // Вестн. Могилев. гос. ун-та. — Могилев, 2001. — № 4 (10). — С. 95–101.
- 25 Денисик Г.І. Висотна диференція рівнинних ландшафтів України / Г.І. Денисик. Л.М. Кирилюк. — Вінниця: Едельвейс і К, 2010. — 236 с.
- 26 Бережной А.В. Вертикальная дифференциация ландшафтов Среднерусской лесостепи / А.В. Бережной, А.С. Горбунов, Т.В. Бережная. — Воронеж: Науч. кн., 2007. — 274 с.
- 27 Altitudinal Landscape Complexes of the Central Russian Forest–Steppe / A.S. Gorbunov [et al.] // Landscape Patterns in a Range of Spatio-Temporal Scales. — Cham, 2020. — P. 207–220. — (Landscape Series; Vol. 26).
- 28 Капитальчук И.П. Особенности высотной дифференциации геоэкосистем Днестровско-Прутского Междуречья / И.П. Капитальчук // Астрахан. вестн. экол. обр. — 2020. — № 1(55). — С. 129–139.
- 29 Табелинова А.С. Геоэкологические процессы на территории северо-восточного Прикаспия (Атырауская и Мангыстауская области Казахстана) / А.С. Табелинова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. — 2018. — № 1. — С. 25–32.

- 30 Bailey R.G. Ecoregions. The Ecosystem Geography of the Oceans and Continents / R.G. Bailey. — New York: Springer-Verlag, 1998. — 176 p.
- 31 Forman R.T.T. Land mosaics / R.T.T. Forman. — Cambridge: Cambridge University Press, 2006. — 632 p.
- 32 Turner M.G. Landscape ecology in theory and practice: pattern and process / M.G. Turner, R.H. Gardner, R.V. O'Neill. — New York: Springer-Verlag, 2001. — 401 p.
- 33 Zonneveld I.S. Land ecology / I.S. Zonneveld. — Amsterdam: SPB Academic Publishing, 1995. — 199 p.
- 34 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamada/>
- 35 Викторов А.С. Рисунок ландшафта / А.С. Викторов. — М.: Мысль, 1986. — 179 с.
- 36 Ландшафтно-экологическая оценка муниципальных районов Воронежской области / А.С. Горбунов [и др.]. — Воронеж: Истоки, 2017. — 167 с.
- 37 Солнцев В.Н. О гравитационной парадигме ландшафтоведения // Ландшафтный сборник (развитие идей Н.А. Солнцева в современном ландшафтоведении). — М.: Смоленск, 2013. — С. 155–169.

А.С. Горбунов, О.П. Быковская

Жазық ландшафттардың биіктігін ұйымдастыру (Ресейдің Орталық Черноземье мысалында)

Рельефтің абсолютті және салыстырмалы биіктігі тек тауларда ғана емес, жазықтарда да геожүйелерді ұйымдастырудың маңызды факторы болып табылады. Олар жер бетіндегі морфометрия, ландшафт процестерінің қарқындылығы мен бағытын, ландшафт сызбаларының табиғатындағы айырмашылықтарды анықтайды. Зерттеудің негізгі мақсаты жер бетінің биіктіктері мен ландшафт өлшемдері арасындағы тәуелділікті төрт ауқымды деңгейде анықтау. Ландшафт тұрғысынан жақсы зерттелген Ресейдің Орталық Черноземье зерттеу аумағы ретінде таңдалды. Жұмыс барысында рельефтің цифрлық модельдері мен ландшафттық карталар дайындалды, олардың морфометриялық, гидрологиялық, инсоляциялық және текстуралық талдаулары жүргізілді, нәтижелері әртүрлі өлшемдегі жедел-аумақтық бірліктердің деректер базасында жиі қалды. Ландшафт құрылысының көрсеткіштері үш топқа бөлінді: шарт, процесс, нәтиже. Жүргізілген зерттеу барысында регрессиялық талдау көмегімен рельефтің бөліну параметрлерінің абсолюттік биіктіктерге тәуелділігі зерттеудің масштабтық деңгейінің ұлғаюымен азаятыны анықталды. Ландшафты құрайтын процестер мен ландшафт құрылымын сипаттайтын индикаторлардың салыстырмалы биіктіктерге тәуелділігі зерттеудің масштабы деңгейінің төмендеуімен артады. Абсолюттік және салыстырмалы биіктіктер көрсеткіштері бойынша әртүрлі өлшемдегі жедел-аумақтық бірліктерді саралау біртұтас морфологиялық және динамикалық биіктік-ландшафт жүйелерін бөлуге мүмкіндік берді. Сондай-ақ биіктік-ландшафттық жүйелердің таксономиялық схемасы әзірленді, оған мынадай таксондар кіреді: бөлім, сынып, төменгі сынып, типі, тип тармағы, тұқымдас, туыстас, түр, түр тармағы.

Кілт сөздер: ландшафты ұйымдастыру, ландшафттардың биіктік дифференциациясы, биіктік-ландшафт жүйесі, регрессиялық талдау.

A.S. Gorbunov, O.P. Bykovskaya

Altitudinal organization of plain landscapes (on the example of the Central Black Earth Region of Russia)

Absolute and relative terrain altitudes are an important factor in the genesis of geosystems. They determine differences in morphometry indicators, intensity and direction of landscape-forming processes, and landscape patterns. The study objective is to identify the relationships between altitudes and landscape metrics at four scale levels. The forest-steppe zone of the Central Black Earth Region of Russia was chosen as a study area. Authors of the article created a digital elevation model and a landscape map for the area, then conducted morphometric, hydrological, insolation, and textural analyses. Applying grids with different cell-sizes, the analyses results were obtained and stored into a spatial database. Authors divided the obtained indicators into three groups: condition, process, result. The regression analysis showed that the dependence of the relief dissection parameters on the absolute altitudes decreases with the increase of the study scale. The dependence of the indicators of landscape-forming processes and landscape textures on the relative heights increase when the study scale decreases. Ranking of the grid cells by indicators of absolute and relative heights made it possible to identify morphologically and dynamically unified altitudinal landscape systems. As one of the research results, the authors of the article devised a taxonomic scheme of altitudinal landscape systems, which included the division, class, subclass, type, subtype, family, genus, species, and subspecies categories.

Keywords: landscape organization, altitudinal differentiation of landscapes, altitudinal landscape system, regression analysis.

References

- 1 Prohorov, A.M. (Ed.) (1987). *Sovetskii entsiklopedicheskii slovar [Soviet Encyclopedic Dictionary]*. Moscow: Sovetskaia entsiklopediia [in Russian].
- 2 Khoroshev, A.V. (2010). Relief kak faktor polimasshtabnoi organizatsii mezhkomponentnykh svyazi v lesnykh landshaftakh Vostochno-Evropeiskoi ravniny (Relief as a factor of the polyscale organization of component interrelations in forest landscapes of the East European Plain). *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiia — Bulletin of the Moscow University. Series 5, Geography, 3*, 35–42 [in Russian].
- 3 Kozlov, D.N., Puzachenko, M.Yu., Fedyaeva, M.V., & Puzachenko, Yu.G. (2008). Otobrazhenie prostranstvennogo varirovaniia svoistv landshaftnogo pokrova na osnove distantsionnoi informatsii i tsifrovoi modeli relefa [Representation of spatial variation of landscape cover properties on the basis of remote sensing data Landsat and digital elevation model]. *Izvestiia Rossiiskoi akademii nauk. Seriya Geograficheskaya — Proceedings of the Russian Academy of Science. Geography Series, 4*, 112–124 [in Russian].
- 4 Khoroshev, A.V. (2012). O sposobe vydeleniia partsialnykh geosistem na osnove analiza mezhkomponentnykh svyazi v landshafte [On the method of partial geosystems allocation based on the analysis of multicomponent relations in a landscape]. *Izvestiia Russkogo geograficheskogo obshchestva — Proceedings of the Russian Geographical Society, 144 (2)*, 19–28 [in Russian].
- 5 Puzachenko, Yu.G. (2017). Biogeotsenoz kak slozhnaia dinamicheskaya sistema [Biogeocenosis as a complex dynamic system]. *Biogeotsenologiya v XXI veke: idei i tekhnologii — Biogeocenology in the 21st Century: Ideas and Technologies*. Moscow [in Russian].
- 6 Levchenko, E.A., Lozbenov, N.I., & Kozlov, D.N. (2019). Diagnostika vnutralandshtafnoi differentsiatsii gidromorfizma pochv lesostepi Vorono-Cninskogo mezhdurechia Privolzhskoi vozvysheynosti [Diagnostics of the intra-landscape differentiation of hydromorphism of forest steppe soils within the Vorona and Tsna rivers interfluvium of the Volga upland]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiia — Bulletin of the Moscow University. Series 5. Geography, 3*, 38–48 [in Russian].
- 7 Kolomyts, E.G. (1998). *Polimorfizm landshaftno-zonalnykh sistem [Polymorphism of landscape-zonal systems]*. Pushchino: Publishing house of the Department of Scientific and Technical Information of the Pushchino Scientific Center of the Russian Academy of Sciences [in Russian].
- 8 Milkov, F.N. (2018). *Landshaftnaya geografiia: izbrannye trudy [Landscape Geography: selected works]*. Voronezh: Istoki [in Russian].
- 9 Berezhnoj, A.V. (1983). *Sklonovaya mikrozonálnost landshtafrov Srednerusskoi lesostepi [Slope microzonation of landscapes of the Central Russian forest-steppe]*. Voronezh: Voronezh State University [in Russian].
- 10 Glazovskaya, M.A. (1964). *Geokhimicheskie osnovy tipologii i metodiki issledovaniia prirodnykh landshtafrov [Geochemical foundations of typology and research methodology of natural landscapes]*. Moscow: Moscow University Press [in Russian].
- 11 Nikolaev, V.A. (1999). *Landshafty aziatskikh stepei [Asian steppe landscapes]*. Moscow: Moscow University Press [in Russian].
- 12 Gorbunov, A.S., & Bykovskaya, O.P. (2012). Issues on optimizing the ecological situation and vertical differentiation of landscapes of the forest-steppe zone of the Chalk south of Central Russian upland. *Arid ecosystems, 2 (2)*, 91–97.
- 13 Milkov, F.N. (1953). *Vozdeistvie relefa na rastitelnost i zhivotnyi mir. (Biogeomorfologicheskie ocherki) [Effects of Relief on Vegetation and Fauna: (Biogeomorphological essays)]*. Moscow: Geografizdat [in Russian].
- 14 Milkov, F.N. (1947). O yavlenii vertikalnoi differentsiatsii landshtafrov na Russkoi ravnine [About a phenomenon of landscapes vertical differentiation on the Russian plain]. *Voprosy geografii — Problems of geography, 3*, 87–102 [in Russian].
- 15 Milkov, F.N. (1958). O dvukh iarusnoi strukture ravninnykh landshtafrov [About the two-layer structure of plains landscapes]. *Nauchnye doklady vysshei shkoly. Geologo-geograficheskie nauki — Scientific reports of the higher school. Geological and Geographical Sciences, 1*, 144–149 [in Russian].
- 16 Dudnik, N.I. (1965). *Vysotnaya poiasnost landshtafrov na Russkoi ravnine i osobenno na Privolzhskoi vozvysheynosti [Altitudinal zonality of landscapes on the Russian plain and especially on the Volga uplands]*. *Nauchnye zapiski Voronezhskogo otdela Geograficheskogo obshchestva SSSR — Scientific Notes of the Voronezh Department of the Geographical Society of the USSR* [in Russian].
- 17 Beloselskaya, G.A. (1969). *Osnovnye voprosy vertikalnoi differentsiatsii landshtafrov tsentralnoi lesostepi [Main issues of vertical differentiation of landscapes of the central forest-steppe]*. *Voprosy landshtafnoi geografii — Problems of landscape geography*. Voronezh: Voronezh State University [in Russian].
- 18 Akhtyrseva, N.I. (1970). *Vertikalnaya struktura i voprosy evoliutsii landshtafnykh kompleksov Kalachskoi vozvysheynosti [Vertical structure and evolution of landscape complexes of the Kalach upland]*. *Nauchnye zapiski Voronezhskogo otdela Geograficheskogo obshchestva SSSR — Scientific Notes of the Voronezh Department of the Geographical Society of the USSR, 2*, 53–59 [in Russian].
- 19 Berdnikova, Z.P. (1972). O yarusnoi strukture sklonovogo tipa mestnosti Srednerusskoi vozvysheynosti [About the layer structure of the slope landscapes of the Central Russian Upland]. *Nauchnye zapiski Voronezhskogo otdela Geograficheskogo obshchestva SSSR — Scientific Notes of the Voronezh Department of the Geographical Society of the USSR* [in Russian].
- 20 Grishankov, G.E. (1972) *Landshaftnye urovni materikov i geograficheskaya zonalnost [Landscape levels of continents and geographic zonality]*. *Izvestiia Rossiiskoi akademii nauk. Seriya Geograficheskaya — Proceedings of Russian Academy of Science. Series Geography, 4*, 5–17 [in Russian].

- 21 Mikhno, V.B. (1974). Sklonovaia mikrozonalnost landshaftov izvestniakovo-karstovykh raionov TsChO [Slope microzonality of landscapes of limestone-karst areas of the Central Black Soil Region]. *Sklonovaia mikrozonalnost landshaftov — Slope microzonality of landscapes*. Voronezh: Voronezh State University [in Russian].
- 22 Chibilev, A.A. (1977). Osobennosti vertikalnoi differentsiatsii landshaftov na Obshchem Syrte [Features of vertical differentiation of landscapes on the Obshchy Syrt]. *Voprosy struktury i dinamiki landshaftnykh kompleksov — Structure and dynamics of landscape complexes*. Voronezh: Voronezh State University [in Russian].
- 23 Mikhno, V.B., & Gorbunov, A.S. (2001). Vysotno-landshaftnye komplekсы melovogo yuga Srednerusskoi vozvyshechnosti [Altitudinal landscape complexes of the Chalk south of Central Russian upland]. *Izvestiia Voronezhskogo universiteta. Seriiia Geografiia. Geokologiya — Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geocology, 1*, 16–24 [in Russian].
- 24 Neshataev, B.N., Kornus, A.A. & Shevchenko, A.E. (2001). Vertikalnaia differentsiatsiia prirodno-territorialnykh kompleksov ravninnykh regionov [Vertical differentiation of landscapes of plains regions]. *Vestnik Mogilevskogo gosudarstvennogo universiteta imeni A. Kuleshova — Bulletin of the Mogilev State University named after A. Kuleshov, 4 (10)*, 95–101 [in Russian].
- 25 Denisik, G.I., & Kirilyuk, L.M. (2010). Visotnaia diferentsiatsiia rivninnih landshaftiv Ukraini [Altitudinal differentiation of plains landscapes of Ukraine]. Vinnytsia [in Ukrainian].
- 26 Berezhnoj, A.V., Gorbunov, A.S., & Berezhnaya, T.V. (2007). Vertikalnaia differentsiatsiia landshaftov Srednerusskoi lesostepi [Vertical differentiation of landscapes of the Central Russian forest-steppe]. Voronezh: Nauchnaia kniga [in Russian].
- 27 Gorbunov, A.S., Mikhno, V.B., Bykovskaya, O.P., & Bezv, V.N. (2020). Altitudinal Landscape Complexes of the Central Russian Forest-Steppe. *Landscape Patterns in a Range of Spatio-Temporal Scales: Landscape Series, 26*. Cham: Springer, 207–220. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31185-8_14
- 28 Kapitalchuk, I.P. (2020). Osobennosti vysotnoi differentsiatsii geokosistem Dnestrovsko-Prut'skogo Mezhdurechia [Features of altitude differentiation of geoecosystems of the Dniester-Prut interfluvium]. *Astrakhanskii vestnik ekologicheskogo obrazovaniia — Astrakhan Bulletin for Environmental Education, 1 (55)*, 129–139 [in Russian].
- 29 Tabelinova, A.S. (2018). Geokologicheskie protsessy na territorii severo-vostochnogo Prikaspiia (Atyrauskaia i Mangystauskaia oblasti Kazakhstana) [Geocological processes in the North-Eastern Caspian Sea region (Atyrau and Mangystau regions of the Republic of Kazakhstan)]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriiia 5. Geografiia — Bulletin of the Moscow University. Series 5. Geography, 1*, 25–32.
- 30 Bailey, R.G. (1998). *Ecoregions. The Ecosystem Geography of the Oceans and Continents*. New York: Springer-Verlag.
- 31 Forman, R.T.T. (2006). *Land mosaics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- 32 Turner, M.G., Gardner, R.H., & O'Neill, R.V. (2001). *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. New York: Springer-Verlag.
- 33 Zonneveld, I.S. (1995). *Land ecology*. Amsterdam: SPB Academic Publishing.
- 34 Retrieved from: <http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamada/>
- 35 Viktorov, A.S. (1986). *Risunok landshafta [Landscape pattern]*. Moscow: Mysl [in Russian].
- 36 Gorbunov, A.S., Bezv, V.N., Mikhno, V.B., & Bykovskaya, O.P. (2017). *Landshaftno-ekologicheskaia otsenka munitsipal'nykh raionov Voronezhskoi oblasti [Landscape-ecological assessment of municipal districts of the Voronezh region]*. Voronezh [in Russian].
- 37 Solntsev, V.N. (2013). O gravitatsionnoi paradigme landshaftovedeniia [About the gravitational paradigm of the landscape science]. *Landshaftnyi sbornik (razvitie idei N.A. Solntseva v sovremennom landshaftovedenii) — Landscape digest (development of N.A. Solntsev's ideas in modern landscape science)*. Moscow; Smolensk [in Russian].