



БИОЛОГИЯ

УДК [598.2 + 599] (234.84)

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СВЯЗЬ АНОМАЛИЙ ПЛОТНОСТИ ВИДОВ ПТИЦ И МЛЕКОПИТАЮЩИХ С ЭНТРОПИЕЙ ЛАНДШАФТОВ БАССЕЙНОВ РЕК ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

А.В. Беляченко

Саратовский государственный университет
E-mail: veliger59@mail.ru

Исследованы особенности связей аномалий видовой плотности птиц и млекопитающих с энтропией в бассейнах рек. Картографическими методами установлено, что положительные аномалии связей пространственно сосредоточены на склонах Волго-Донского, Терешкинско-Сурского и Терешкинско-Терсинского водоразделов, долиной р. Медведицы; отрицательные связаны с агроценозами долин рр. Чардыма, Курдюма, Широкого Карамыша.

Ключевые слова: птицы и млекопитающие, аномалии плотности видов, энтропия, бассейны рек, Приволжская возвышенность.

The Space Linkage between of Anomales of Density of Birds and Mammals' Species and Entropy of River Basins Landscapes of the South Part of Volga Upland

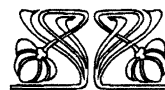
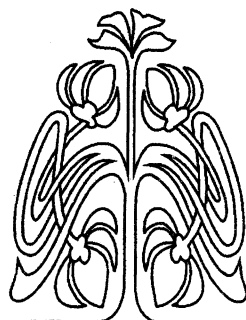
A.V. Belyachenko

Peculiarities of the linkage between specific birds and mammals density anomalies and entropy of river basins landscapes were investigated. Using mapping methods it has been found that positiv anomalies are concentrated in slopes of Volga-Don, Tereshka-Sura and Tereshka-Tersa watersheds and Medveditsa river valley; the negative ones are connected with agroцenosises of Chardym, Kurdum and Shiroky Karamysh rivers valleys.

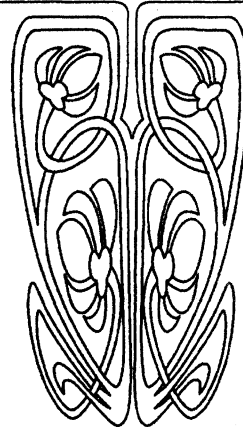
Key words: birds and mammals, anomalies of density of species, entropy, river basins, Volga Upland.

Широко известен факт неравномерного распределения различных видов позвоночных животных в естественной среде обитания. В любом крупном регионе есть локальные местообитания, которые оказываются особенно благоприятными для большого количества видов, а также территории, где видовой состав обеднен по сравнению с общим «региональным фоном». Размещение таких неоднородностей плотности видов объясняется как природными факторами, так и антропогенной трансформацией среды. К концу XX в. сложилось целое научное направление – факторная зоогеография, одной из задач которой является выявление взаимосвязи распределения животных и неоднородностей среды [1–3].

Ранее проведенными исследованиями в бассейнах рек на территории южной части Приволжской возвышенности были выявлены пространственные аномалии плотности видов птиц и млекопитающих [4]. Было установлено, что размещение аномалий определяется комплексом геоморфологических, гидрологических, фитоценологических и антропогенных факторов. Однако более подробное изучение закономерностей размещения животных приводит к необходимости оценки неоднородности ланд-



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





шафтов как среды их обитания. Одним из интегральных показателей разнообразия ландшафтов, учитывающим большое количество их компонентов и сравнительно просто вычисляемым, является информационная мера – энтропия, которую иногда интерпретируют как уровень неупорядоченности (неоднородности) сложной системы [5].

Целью представляемой работы явилась количественная оценка связи пространственных аномалий плотности видов птиц и млекопитающих с энтропией ландшафтов бассейнов рек южной части Приволжской возвышенности.

Материалы и методы

Материалом для работы послужили данные автора о пространственном распределении 162 видов птиц и 87 видов млекопитающих, собранные в 1985–2007 гг. на Приволжской возвышенности в Саратовской области. Учетами и наблюдениями охвачена территория площадью около 27,5 тыс. кв. км; количественная характеристика полученных данных и их географическая привязка приведены в предшествующей публикации [4, с.169]. Пространственное размещение видов птиц и млекопитающих в бассейнах рек изучалось методами математико-картографического моделирования [5]. Использовались следующие карты: «Карта Саратовской области», масштаб 1:200000 [6], «Атлас Саратовской области», масштаб 1:200000 [7]. Оцифрованные картографические материалы (электронная карта России масштаба 1:500000, листы N38, N39, M38) обрабатывались с помощью пакета MapInfo Professional 7.0 и приложения Vertical Mapper 3.0. Исходное векторное изображение было дополнено многими деталями о размещении агроценозов, сохранившихся степей, оврагов, временных водотоков, населенных пунктов. С этой целью к карте привязывались космические снимки от компании DigitalGlobe, сделанные со спутника WorldView-1 в 2006–2009 гг. и размещенные в свободном доступе в Интернете. Затем в среде MapInfo 7.0 изображения оцифровывались и строились векторные полигоны, соответствующие границам выделенных на снимках местообитаний.

В качестве оценки видового богатства животных применялся простейший показатель: количество видов на квадратный километр местообитания или видовая плотность [8, с.16]. Первичные полевые данные о количестве видов наносились на оцифрованную карту в виде точек, находящихся по углам квадратов 1×1 км. В результате математико-картографического моделирования были построены изображения фоновой и остаточной поверхностей плотности видов птиц и млекопитающих и выявлены положительные и отрицательные аномалии плотностей видов [4].

Для выявления степени неоднородности ландшафтов как среды обитания животных был применен картографический анализ, в котором используется понятие энтропии [5]:

$$E(A) = - \sum w_i \log_2 w_i.$$

В наших исследованиях выявлялась неоднородность как площадных, так и линейных изображений, размещенных на карте изученного региона. Поэтому энтропия рассчитывалась по длинам границ полигонов или полилиний, попавших внутрь модельных участков, на которых были получены первичные данные. Таким образом, w_i в приведенной формуле – это доля длины какой-либо природной или искусственной границы относительно общей длины границ всех изображений на модельном участке. Энтропия равна нулю, если система имеет только одно состояние. С возрастанием числа состояний (увеличением количества компонентов ландшафтов) функция $E(A)$ также непрерывно возрастает. Максимум она достигает, когда разные состояния системы оказываются равновероятными (доли длин границ w_i разных компонентов ландшафтов становятся равными). Одним из свойств функции энтропии является зависимость ее величины от двух параметров: количества состояний системы и степени выравнивания вероятностей этих состояний. Для исключения подобной двойственности, которая ограничивает возможность интерпретации результатов, размер модельного участка подбирался таким образом, чтобы по всей площади карты в них оказывалось одинаковое количество компонентов ландшафтов. В этом случае величина



энтропии зависит только от степени выравненности долей границ каждого компонента. Размер участка подбирался эмпирически с использованием функции «SQL-запрос» пакета MapInfo 7.0 и составил 5×5 км.

Энтропия ландшафтов определялась по нескольким типам компонентов: а) геоморфологические (рельеф, крутизна склонов), б) гидрологические (реки различных порядков, овраги, временные водотоки, границы прудов и водохранилищ), в) фитоценотические (леса различного видового состава, степи и луга разных типов), г) антропогенные (агроценозы, залежи, сады, огороды), д) населенные пункты. Эти данные в виде полилиний были нанесены на электронную карту; изображение разбивалось на квадраты 5×5 км. В каждом из них по относительным долям длин всех попавших внутрь квадрата полилиний определялась величина энтропии; затем проводилась континуализация, в результате которой дискретные значения энтропии по квадратам преобразовывались с помощью приложения Vertical Mapper 3.0 в изолинии, покрывающие весь район исследования.

Полученное изображение распределения энтропии включает две составляющие: первая отражает его главные региональные структурные особенности (фоновый фактор), вторая связана с причинами локального характера, влияние которых накладывается на общую картину и усложняет ее (остаточный фактор). В результате математического преобразования первоначального изображения были получены карты фоновой поверхности энтропии, которая показывает размещение наиболее заметных и существенных пространственных неоднородностей и остаточной поверхности, где проявляются второстепенные детали изменений энтропии [5].

На завершающем этапе было сделано сопоставление территориального варьирования энтропии ландшафтов и распределения плотности видов исследованных животных. Для этого на исходной картоснове в точках, находящихся в вершинах квадратов 5×5 км, определялось значение энтропии и плотности видов птиц и млекопитающих. По этим данным рассчитывался коэффициент корреляции;

предварительно оценивалась ее линейность [9]. Затем с помощью Vertical Mapper 3.0 строились изокорреляты, которые наглядно показывают участки с повышенной или пониженной связью явлений.

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ пространственного размещения компонентов ландшафтов показывает его значительную неоднородность в бассейнах Волги и Дона. Для оценки этой величины был рассчитан показатель энтропии, вычисляемый по геоморфологическим, гидрологическим, фитоценотическим и антропогенным особенностям ландшафтов (рис. 1).

Фоновая поверхность энтропии отражает самые главные, основные тенденции пространственного изменения разнообразия ландшафтов, что дает возможность связать их с региональными структурными особенностями земной коры. Хорошо заметна связь наивысших значений энтропии (4.5–5.0 бит/км²) с Волго-Донским водоразделом и крутыми склонами восточной и юго-восточной экспозиций олигоценовой и раннеплиоценовой поверхностей. Особенно ярко это проявляется на правом берегу Волги южнее Саратова, по Приволжским венцам, на которых раннеплиоценовая и акчагыльская поверхности круто обрываются к реке. Высокие значения энтропии ландшафтов (4.0–4.5 бит/км²) характерны также для северо-восточной части исследованного района, где расположены Хвалынские и Змиёвы горы. В западной части возвышенности, которая входит в бассейн р. Медведицы и почти полностью распаханна, преобладает выровненный или слабо увалистый рельеф. Показатели энтропии здесь одни из самых низких (3.0–4.0 бит/км²). На этом фоне выделяется повышенной неоднородностью (4.0–4.5 бит/км²) бассейн р. Карамыша – левого притока р. Медведицы. Увеличение энтропии здесь связано с особенностями рельефа: северные и восточные участки бассейна заметно понижаются к долине реки и пересечены многочисленными балками и оврагами, к которым приурочены леса и сохранившиеся степи. Распределение энтропии в бассейне р. Терешки неравномерное.

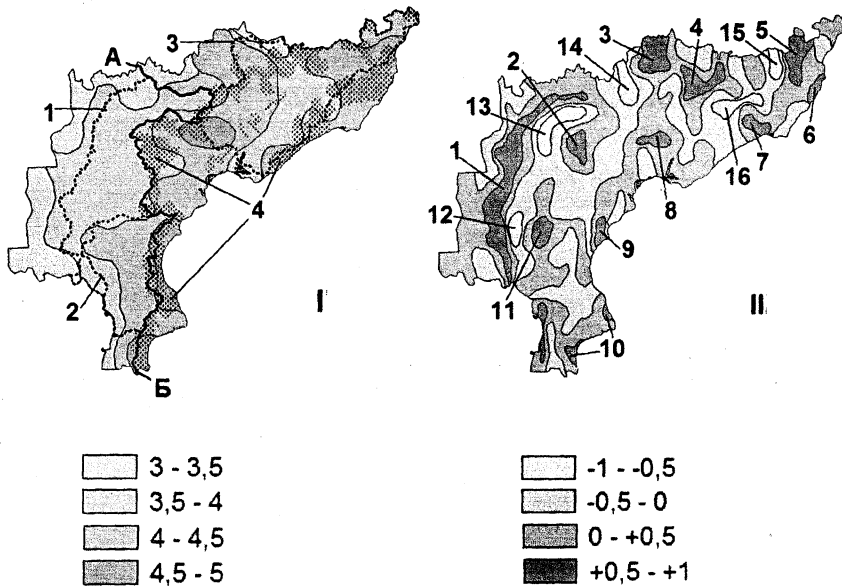


Рис. 1. Пространственное распределение энтропии ландшафтов южной части Приволжской возвышенности, бит/км²: I – фоновая поверхность: 1 – левобережная часть бассейна р. Медведицы, в том числе 2 – бассейн р. Карамыш; 3 – бассейн р. Терешки; 4 – сильно покатые (5–10°) и крутые (10–20°) склоны водоразделов; II – остаточная поверхность: положительные пространственные аномалии энтропии (+0,5 ÷ +1): 1 – Медведицкая, 2 – Оркинско-Ягоднопольная, 3 – Верхнеалайская, 4 – Алайско-Калмантайская, 5 – Верхнетерешкинская, 6 – Хвальнская, 7 – Терсинская, 8 – Карабулакская, 9 – Буркинско-Хмелевская, 10 – Приволжская, 11 – Двоенковская; отрицательные пространственные аномалии энтропии (–1 ÷ –0,5): 12 – Рельневская, 13 – Сосновско-Березовская, 14 – Ключевкинская, 15 – Избалыкская, 16 – Нижнечернавская; А–Б – Волго-Донской водораздел

Западные и частично восточные участки бассейна, где находятся крутые склоны с разрабатанной овражно-балочной системой и связанными с ней лесами, отличаются повышенными значениями энтропии (4,0–4,5 бит/км²). В долине реки ландшафты имеют невысокую энтропию (3,5–4,0 бит/км²). Таким образом, распределение энтропии фоновой поверхности определяется рельефом ярусов Приволжской возвышенности, взаимным расположением крутых склонов Волго-Донского водораздела и бассейнов наиболее крупных рек исследованного района – Медведицы, Терешки и Карамыша.

На остаточной поверхности энтропии выделяются участки, на которых значения энтропии близки к фоновым (–0,5 ÷ 0; 0 ÷ +0,5), и участки, которые заметно отличаются в положительную (+0,5 ÷ +1) или отрицательную (–0,5 ÷ –1) стороны от фонового уровня (см. рис. 1, II). Последние являются своеобразными пространственными аномалиями энтропии, связанными с локальными особенностями ландшафтов.

Превышение или понижение энтропии внутри аномалий относительно фоновой поверхности зависит от соотношения долей длин границ w_i разных компонентов ландшафтов (см. материал и методику). Участки отрицательных аномалий отличаются преобладанием антропогенных компонентов; на них приходится наибольшая доля в суммарной неоднородности системы. Именно низкая выравненность долей границ при сохранении количества компонентов приводит к снижению энтропии относительно фоновой поверхности. Положительные аномалии, напротив, характеризуются большей выравненностью долей границ разных типов компонентов.

Совместный анализ пространственных неоднородностей энтропии ландшафтов (см. рис. 1) и плотности видов птиц и млекопитающих (рис. 2) не показывает их значительного сходства. Для определения типа связи (линейная или нелинейная) были рассчитаны корреляционные отношения [9] пространственных распределений видов птиц, млекопи-

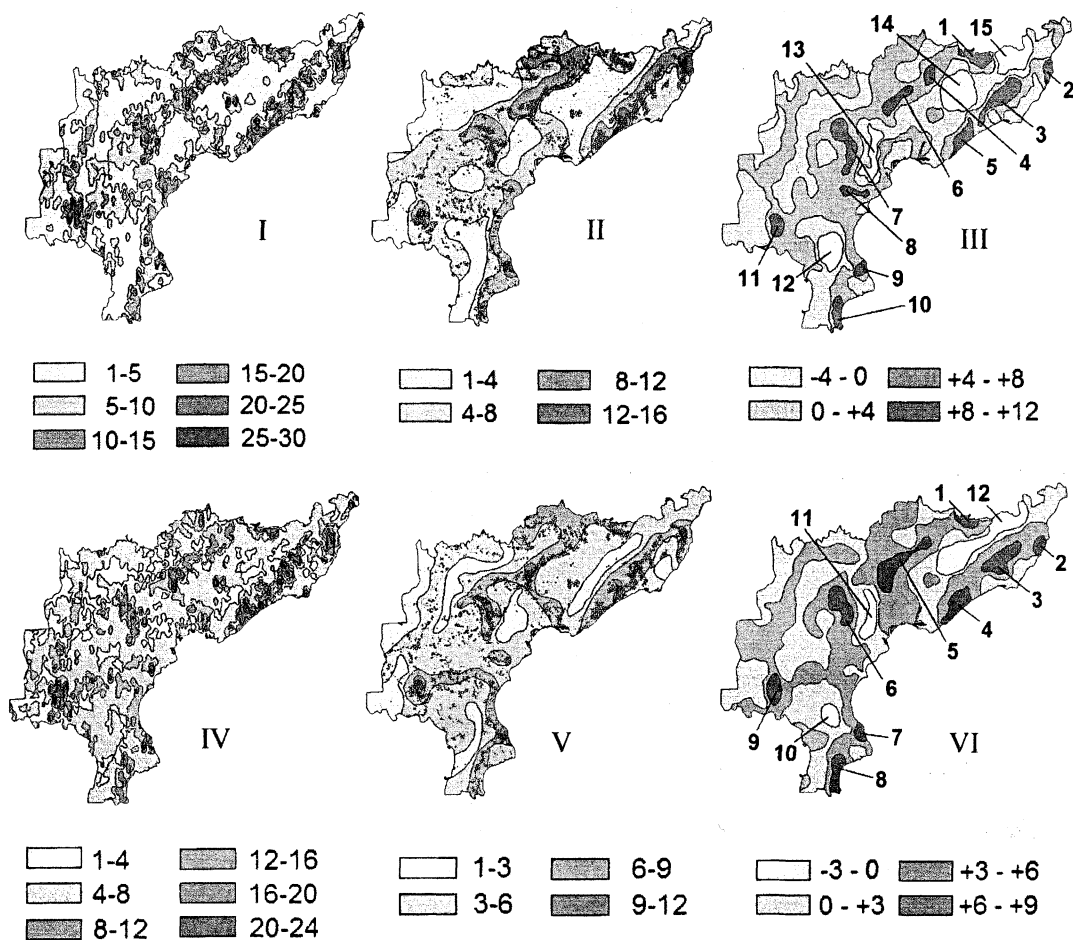


Рис. 2. Распределение плотности видов птиц и млекопитающих южной части Приволжской возвышенности, виды/км² [4]: птицы: I – исходная поверхность; II – фоновая поверхность (точками обозначены леса); III – остаточная поверхность: положительные аномалии плотности (+8 ÷ +12): 1 – Покурлейская; 2 – Хвалынская; 3 – Терсинско-Апалихинская; 4 – Казанлинская; 5 – Белгородненская; 6 – Бурасовская; 7 – Оркинско-Вязовская; 8 – Курдюмско-Лысогорская; 9 – Приволжско-Ахматская; 10 – Приволжско-Нижнебанновская; 11 – Урицко-Атаевская; отрицательные аномалии плотности (-4 ÷ 0): 12 – Карамышская; 13 – Курдюмо-Чардымская; 14 – Нижнечернавская; 15 – Избалыкско-Мазовская; млекопитающие: IV – исходная поверхность; V – фоновая поверхность (точками обозначены леса); VI – остаточная поверхность: положительные аномалии плотности (+6 ÷ +9): 1 – Покурлейская; 2 – Хвалынская; 3 – Терсинско-Апалихинская; 4 – Белгородненская; 5 – Казанлинско-Бурасовская; 6 – Оркинско-Вязовская; 7 – Приволжско-Ахматовская; 8 – Приволжско-Нижнебанновская; 9 – Урицко-Атаевская; отрицательные аномалии плотности (-3 ÷ 0): 10 – Карамышская; 11 – Курдюмо-Чардымская; 12 – Избалыкско-Нижнечернавская

тающих и энтропии ландшафтов, а также вычислена мера линейности корреляционной связи γ [10]. Результаты помещены в таблицу.

Анализ данных показывает, что корреляционные отношения в обоих случаях не равны между собой. Критерии достоверности мер линейности t_γ превышают стандартные значения при уровне значимости $P=0.01$, которые равны 2.5. Это свидетельствует о нелинейности связей исследуемых признаков. Поэтому для количественной оценки силы

связи были рассчитаны коэффициенты корреляции Спирмена (r_s), которые оказались достоверными при $P=0.01$, но сравнительно невысокими.

В разных ландшафтах исследованного района коэффициенты корреляции сильно отличаются от рассчитанных выше величин как в отрицательную, так и в положительную сторону (рис. 3). Например, на участках агроценозов в отрицательной Сосновско-Березовской аномалии энтропии (см. рис. 1, II)

Корреляционные отношения ($\eta_{x/y}$, $\eta_{y/x}$), мера линейности корреляционной связи (γ) и коэффициент корреляции Спирмена (r_s) пространственных распределений плотности видов птиц, млекопитающих и энтропии ландшафтов

Животные	$\eta_{x/y}$	$\eta_{y/x}$	γ	t_γ	$t_{ст}$	r_s	Уровень значимости
Птицы	0.73±0.03	0.65±0.04	0.23	3.1	2.5	0.434	0.01
Млекопитающие	0.77±0.03	0.67±0.03	0.26	3.3	2.5	0.441	0.01

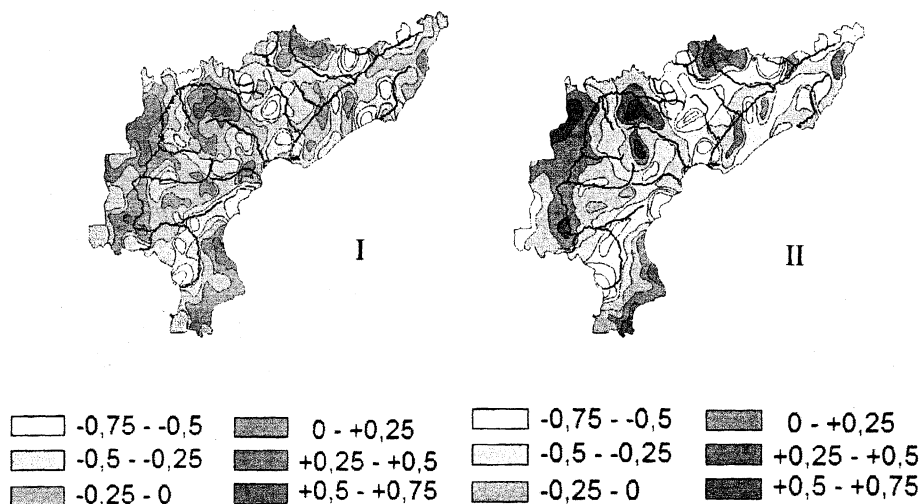


Рис. 3. Пространственное распределение коэффициента корреляции Спирмена (r_s) энтропии ландшафтов $E(A)$ и плотности видов птиц (I) и млекопитающих (II) южной части Приволжской возвышенности

разнообразие ландшафтов невелико; количество постоянно обитающих видов птиц и млекопитающих колеблется от 1 до 5 видов/км² (см. рис. 2, I, IV). Сочетание низкой энтропии и невысокой плотности видов приводит к увеличению коэффициентов корреляции до 0.5–0.75 (см. рис. 3). Положительная Оркинско-Ягоднополянская аномалия энтропии (см. рис. 1, II), связанная с разнообразием рельефа склонов долин рек и большой неоднородностью фитоценозов, сопряжена с положительной Оркинско-Вязовской аномалией плотности видов птиц и млекопитающих. На этой территории также наблюдаются высокие значения коэффициентов корреляции (см. рис. 3). Положительная Покурлейская аномалия плотности видов связана с большим по площади массивом леса на склоне Терешкинско-Сурского водораздела. Энтропия ландшафтов здесь низкая (см. рис. 1, II), так как участок леса достаточно однороден. Поэтому коэффициенты корреляции

становятся отрицательными и колеблются от –0.75 до –0.5 (см. рис. 3). Аналогичные, но менее заметные сочетания разных уровней энтропии и плотности видов животных определяют неоднородности поверхности изокоррелят и на других участках исследованного района.

На изображениях разрезов фоновых и остаточных поверхностей хорошо заметно, что чем масштабнее геоморфологическая структура, которую пересекает разрез, тем сильнее ее влияние на пространственную дифференцировку аномалий плотности видов и на их связь с энтропией ландшафтов речных бассейнов (рис. 4). На севере исследованного района Терешкинско-Сурской водораздел с абсолютными высотами от 270 до 310 м плавно понижается в северо-западном направлении в сторону долины р. Суры и юго-восточном направлении в сторону долины р. Терешки (см. рис. 4, разрез *a-a*). Поверхность водораздела распаханна, но на

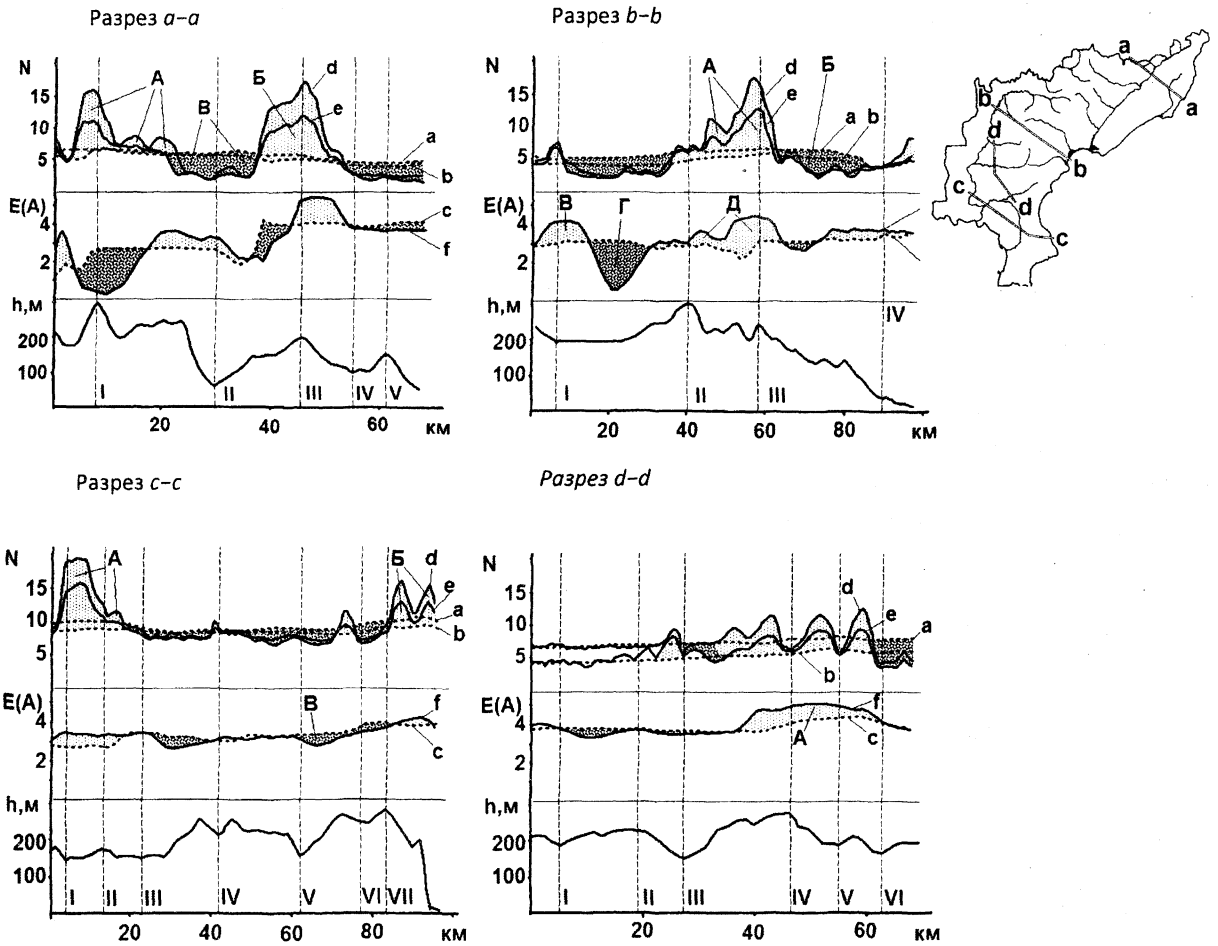


Рис. 4. Пространственная связь рельефа (h , м), фоновых и остаточных поверхностей энтропии ($E(A)$, бит/км²), плотности видов птиц и млекопитающих (N , виды/км²): фоновые поверхности: плотности видов птиц (a), млекопитающих (b), энтропии (c); остаточные поверхности: плотности видов птиц (d), млекопитающих (e), энтропии (f); мелкими точками обозначены положительные аномалии, крупными – отрицательные; разрез $a-a$: положительные аномалии плотности видов: Покурлейская (А), Терсинско-Апалихинская (Б); отрицательные аномалии плотности видов: Избалыкско-Нижнечернавская (В); I – Калмантайско-Избалыкский водораздел; II – р. Терешка; III – Терсинско-Терешкинский водораздел; IV – р. Терса; V – Волго-Терсинский водораздел; разрез $b-b$: положительные аномалии: плотности видов – Оркинско-Вязовская (А), энтропии – Медведицкая (В), Оркинско-Ягоднопольная (Д); отрицательные аномалии: плотности видов – Курдюмо-Чардымская (Б), энтропии – Сосновско-Березовская (Г); I – р. Медведица, II – Волго-Донской водораздел, III – Курдюмо-Чардымский водораздел, IV – р. Курдюм; разрез $c-c$: положительные аномалии: плотности видов – Урицко-Атаевская (А), Приволжско-Ахматская (Б), отрицательные аномалии энтропии – Карамышская (В); I – р. Медведица, II – надпойменная терраса р. Медведицы, III – устье р. Карамыша, IV – р. Рыбка, V – р. Карамыш, VI – р. Голый Карамыш, VII – Волго-Донской водораздел; разрез $d-d$: положительные аномалии энтропии – Двоенковская (А); I – р. Большой Колышлей, II – Идолгинско-Колышлейский водораздел, III – р. Идолга, IV – Карамышско-Идолгинский водораздел, V – р. Двоенка, VI – р. Латрык

склонах отходящих от него Алайско-Избалыкского и Калмантайско-Избалыкского водоразделов сохранились дубово-кленовые, дубово-липовые, осиновые леса сравнительно большой площади. Именно они определяют положение Покурлейской положительной аномалии плотности видов птиц и млекопитающих.

Долина р. Терешки в окрестностях сел Ключевка, Буровка, Юловая Маза, Белогорное, расположенных у разреза $a-a$, повсеместно распаханна, незначительные по площади луга находятся у самой реки, а пойменные леса малы и не образуют сплошных массивов. Такое сочетание ландшафтных компонентов приводит к уменьшению плотности



видов птиц и млекопитающих на фоновых поверхностях (см. рис. 4, разрез *a-a*, линии *a*, *b*) и развитию Избалыкско-Нижнечернавской и Избалыкско-Мазовской отрицательных аномалий, которые тянутся вдоль долины р. Терешки. Далее по разрезу *a-a* рельеф поднимается в сторону Терсинско-Терешкинского водораздела. Его северо-западные и юго-восточные склоны покрыты дубово-липовыми, дубово-березовыми, дубово-кленовыми и сосновыми лесами. Здесь вновь повышается плотность видов изучаемых позвоночных животных и образуется Терсинско-Апалихинская положительная аномалия. Долина р. Терсы и впадающие в нее долины рр. Новаяблонки и Елшанки, а также Волго-Терсинский водораздел полностью распахан, чему способствует выровненный, слегка волнистый рельеф. Плотность видов вновь снижается.

Разрез *b-b* проходит по самым типичным геоморфологическим структурам района исследования. На западе он пересекает русло р. Медведицы в ее верхнем течении. Преобладание фитоценологических и гидрологических компонентов ландшафтов определяет здесь наличие положительной Медведицкой аномалии энтропии. Пойма реки еще не развита, пойменные вязово-кленовые дубравы и вязовые осокорники тянутся узкой лентой шириной от 70 до 150 м вдоль русла. Однако эти леса повышают плотность видов, что проявляется в небольшом пике на остаточных поверхностях (см. рис. 4, разрез *b-b*, кривые *d*, *e*). Далее к юго-востоку разрез пересекает обширную Сосновско-Березовскую отрицательную аномалию энтропии, которая связана с преобладанием агроценозов на пологой раннеплиоценовой равнине, формирующей бассейны небольших рек Сосновки и Березовки. Уменьшение доли природных компонентов ландшафтов вызывает закономерное снижение плотности видов птиц и млекопитающих. Наивысшая точка разреза 312 м соответствует Волго-Донскому водоразделу, поверхность которого распахана; энтропия и видовая плотность позвоночных здесь низкие. Юго-восточные склоны водораздела понижаются уступом высотой 50–90 м,

изрезаны оврагами и балками, долинами ручьев и малых рек: Сокурки, Белоглинки, Бобовочки. Склоны балок и долин покрыты кленовыми дубравами, липо-дубравами, кленовниками, березняками; к тальвегам приурочены осинники и ольшаники. На этих склонах, по Курдюмско-Чардымскому водоразделу, вдоль долин малых рек формируются положительные аномалии: энтропии – Оркинско-Ягоднополянская и плотности видов – Оркинско-Вязовская. С понижением абсолютных высот в юго-восточном направлении вдоль разреза расчлененность рельефа уменьшается, балки и долины малых рек расширяются и выполаживаются, на их склонах исчезают леса, а появляются участки степей. В сложении ландшафтов абсолютно преобладают агроценозы, что приводит к появлению Курдюмо-Чардымской отрицательной аномалии видовой плотности и небольшому понижению энтропии. На юго-востоке разреза, у самой Волги, в устье р. Курдюм происходит незначительное увеличение плотности видов, связанное с наличием на этой территории дачных участков с садами и огородами.

Характерные особенности пространственного распределения энтропии и плотности видов в бассейне р. Медведицы проявляются на разрезе *c-c*. В западной части района исследования разрез пересекает русло и левобережную пойму р. Медведицы. Здесь, в среднем течении, в отличие от предыдущего разреза *b-b*, пойма реки вполне развита и включает прирусловье, участки центральной поймы разной высоты и возраста, притеррасные понижения. С левой стороны долины к пойме примыкают надпойменные террасы, которые на этом участке реки хорошо выражены. Сложный рельеф и меняющийся в поперечном направлении режим увлажнения повышают разнообразие фитоценозов: в пойме выделены ивняки, кленовые и вязово-кленовые осокорники, злаковые и вязово-кленовые дубравы, ольшаники, осинники, луга; по надпойменным террасам большую площадь занимают посадки сосны, встречаются участки степей. Такое строение ландшафтов обуславливает повышение плотно-



сти видов птиц и млекопитающих; к этой территории приурочена одна из самых значительных Урицко-Атаевская положительная аномалия. Западная часть бассейна р. Карамыш почти полностью распахан; лишь по левому крутому берегу р. Рыбки, впадающей в р. Карамыш, сохранились небольшие байрачные перелески, представленные дубравами, березняками и осинниками. С ними связано чуть заметное поднятие остаточных поверхностей плотности видов птиц и млекопитающих на фоне их обширной депрессии, юго-восточная часть которой, в свою очередь, пространственно совпадает с Карамышской отрицательной аномалией энтропии. Второе поднятие кривых d и e расположено в восточной части бассейна, где находится долина р. Голый Карамыш. Местоположение поднятия определяется тем, что разрез проходит по пригородным садам и дачным участкам г. Красноармейск. Волго-Донской водораздел, как и почти везде, занят агроценозами, а к его юго-восточным склонам приурочена Приволжско-Ахматская аномалия плотности видов, совпадающая с байрачными дубравами Приволжских венцов.

Влияние на распределение аномалий плотности видов животных геоморфологических структур сравнительно более мелкого масштаба, определяющих границы бассейнов малых рек, можно проследить на примере разреза $d-d$. Его северная часть пересекает бассейн р. Большой Колышлей в нижнем течении. Агроценозы здесь подходят к самой реке, небольшие леса приурочены к верховьям крупных оврагов. Значения остаточных поверхностей плотности видов оказываются то ниже, то выше значений фоновых поверхностей, разрез проходит через небольшую положительную аномалию. Идолгинско-Колышлейский водораздел повсеместно распахан, за исключением участков вокруг оврагов, впадающих в р. Идолгу. Здесь встречаются березовые, осиновые и дубовые леса незначительной площади, а также посадки лиственницы и сосны. У деревень Языковка и Сосновка на крутом правом берегу р. Идолги площадь дубрав и березняков возрастает, что приводит к появлению небольшой положи-

тельной аномалии плотности видов. По пологому левому склону долины к реке спускаются балки Дядина, Анисимова, Мельникова, поросшие дубовыми и осиновыми лесами, и на разрезе появляются положительные аномалии плотности видов. Карамышско-Идолгинский водораздел распахан и на нем пролегает автотрасса; несмотря на повышение энтропии, плотность видов минимальна. Далее разрез проходит по северному склону бассейна р. Карамыш и опускается в долину р. Двоенки, которая пересечена многочисленными балками. Высокая выровненность долей гидрологических, геоморфологических и фитоценологических компонентов в структуре ландшафтов приводит к формированию Двоенковской положительной аномалии энтропии и заметному повышению плотности видов, что находит отражение в соответствующем пике кривых d и e . Еще один подъем этих кривых связан с правым склоном долины р. Латрык. Он обусловлен наличием здесь байрачных лесов и участков степей, перемежаемых возделываемыми полями и залежами различного возраста.

В результате проведенных исследований выявлено, что протяженные склоны самых возвышенных водоразделов олигоценовой, раннеплиоценовой и акчагыльской поверхностей, а также пойма р. Медведицы образуют структурную основу ландшафтного разнообразия исследованного региона: к ним приурочены заметные положительные аномалии энтропии. Именно с ними связаны положительные аномалии плотности видов птиц и млекопитающих. Наиболее сильные положительные корреляции между неоднородностями плотности видов птиц и млекопитающих и энтропией ландшафтов в бассейнах рек пространственно сосредоточены на склонах Волго-Донского, Терешкинско-Сурского, Терешкинско-Терсинского водоразделов и в долине среднего течения р. Медведицы. Отрицательные корреляции сопряжены с антропогенно трансформированными ландшафтами долин рек Широкого Карамыша, Курдюма, Чардыма, долин верхнего и среднего течения р. Терешки, верхнего течения р. Медведицы.



Список литературы

1. *Вартапетов Л.Г.* Птицы северной тайги Западно-Сибирской равнины. Новосибирск. Сиб. отд-ние, 1998. 327 с.
2. *Юдкин В.А.* Птицы подгаежных лесов Западной Сибири. Новосибирск. Сиб. отд-ние, 2002. 488 с.
3. *Равкин Е.С., Равкин Ю.С.* Птицы равнин Северной Евразии. Новосибирск. Сиб. отд-ние, 2005. 303 с.
4. *Беляченко А.В.* Пространственное распределение аномалий видовой плотности птиц и млекопитающих в бассейнах рек южной части Приволжской возвышенности // Поволжский экологический журнал. 2008. №3. С.167–177.

5. *Берлянт А.М.* Картографический метод исследования. М., 1988. 252 с.
6. Карта Саратовской области. М., 1996.
7. Атлас Саратовской области. М., 2003. С.10–17, 28–35, 47–51, 67–70, 80, 81.
8. *Мэгарран Э.* Экологическое разнообразие и его измерение. М., 1992. С.16.
9. *Урбах В.Ю.* Биометрические методы (статистическая обработка опытных данных в биологии, сельском хозяйстве и медицине). М., 1964. С.295–300.
10. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. М., 1973. С.170–214.

УДК 633.11:[581.823+581.824J+578.686

ФОТОРЕГУЛЯЦИЯ ПРОРАСТАНИЯ ЗЕРНОВОК ПШЕНИЦЫ

М.Ю. Касаткин, С.А. Степанов, Т.М. Прохорова

Саратовский государственный университет
E-mail: kasatkinmy@info.sgu.ru

На основании литературных данных и собственных исследований проведён анализ проблемы фоторегуляции роста проростков пшеницы. Показано, что некоторые фоторегуляторные системы зародыша пшеницы настроены на определенный уровень светового сигнала. Высказано предположение, что немаловажную роль для прорастания семян пшеницы играют характеристики светового фактора на этапе их эмбриогенеза в колосе.

Ключевые слова: фоторегуляция, светопроведение, пигментные системы.

Photoregulation of Seed Wheat Germination

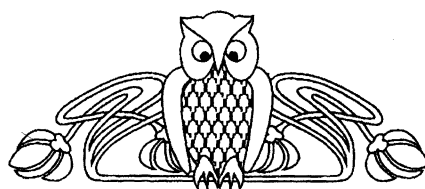
M.Yu. Kasatkin, S.A. Stepanov, T.M. Prochorova

Based on literature review and own investigations a grow photoregulation problem of wheat seedlings was analyzed. Was show, that some photoregulation systems of wheat embryo have tuned in certain level of light signal. Was proposed the important role of lightenvironment in a period of seeds embryogenesis for wheat germination.

Key words: photoregulation, lighttipping, pigment systems.

Рост и морфогенез растения происходят при непрерывном действии на него множества факторов окружающей среды. Основным фактором, регулирующим морфогенез побега, является свет. От силы и продолжительности освещения, его качества зависят в конечном итоге форма и продуктивность растения [1].

В растительном организме существуют системы фоторегуляции, обеспечивающие оптимальный режим морфогенеза: фототропизма, фотопериодизма, фотосинтеза и др.



Растения проявляют ответную реакцию на очень малые изменения количества и качества света в окружающей среде. При распространении света в различных слоях клеток и тканей его характеристики изменяются оптическими свойствами компонентов этих структур. Светозависимые метаболические процессы в растительных тканях, как оказалось [1], напрямую не зависят от окружающего растение светового потока, значительно более важным является характер градиента света в клетках и тканях. Исследования качественного изменения светового потока тканями растений, особенностей его распространения в них имеют первостепенное значение для понимания процессов фотоморфогенеза, фотосинтеза и продуктивности растений.

При прорастании зерновки пшеницы основным светочувствительным органом принято рассматривать coleoptиль. От уровня освещения верхушки coleoptиля зависят его рост и рост междоузлия первого листа – эпикотилия. При затенении coleoptиля узел кущения может выноситься на поверхность почвы [2]. Одним из возможных механизмов такого контроля является способность coleoptиля проводить свет по своим тканям пре-