

БИОГЕОГРАФИЯ АНТРОПОЦЕНА СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ: К МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ АКТУАЛЬНОГО БИОРАЗНООБРАЗИЯ

А.А. Тишков

Институт географии РАН; tishkov@biodat.ru

С позиций современной биогеографии обосновывается необходимость выделения для Северной Евразии особой геологической эпохи — антропоцена. В ней антропогенное влияние на биоту Земли достигает уровня, когда выявляемые тренды её изменений становятся необратимыми: вымирание видов растений и животных, трансформация ландшафта, формирование новых местообитаний и антропогенных модификаций экосистем с редуцированным составом аборигенной биоты, инвазии чужеродных видов, перестройки региональных сукцессионных систем, становление новых биогеографических рубежей и пр. Показана необходимость осмысления новой биогеографической феноменологии, прогноза ожидаемых изменений и поиска новых способов сохранения и восстановления биоразнообразия.

BIOGEOGRAPHY OF ANTHROPOCENE OF NORTHERN EURASIA: A METHODOLOGY FOR ASSESSING THE ACTUAL BIODIVERSITY

A.A. Tishkov

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences; tishkov@biodat.ru

From the standpoint of modern biogeography, the rationale for recognition of a particular geological era, the Anthropocene, for Northern Eurasia is substantiated. With it, anthropogenic impact on the Earth biota reaches a level where detected trends of its changes become irreversible. These include extinction of plant and animal species, landscape transformation, forming of new habitats and human modifications of the ecosystems with a reduced composition of native biota, invasion of alien species, restructuring of the regional succession systems, establishment of new biogeographic boundaries, etc. The necessity of a new understanding of the biogeographic phenomenology, a forecast of anticipated changes, and search for new ways of preserving and restoring biodiversity is indicated.

1. Введение

В биогеографической литературе активно обсуждаются специфические для последних тысячелетий и столетий новые тренды биоты и биогеографические феномены, которые могут индцировать антропоцен: вымирание видов растений и животных, необратимая трансформация ландшафта, повсеместное формирование новых местообитаний и антропогенных модификаций экосистем с редуцированным составом биоты, инвазии чужеродных видов, филоценогенетические перестройки региональных сукцессионных систем, формирование новых биогеографических рубежей и пр.

Пауль Крутцен и Юджин Стёрмер (Crutzen, Stoermer, 2000; Editorials, 2011), а также Элсер Эккарт (Eckart, 2010), в соответствии с принятыми в исторической биогеографии и эволюционной географии критериями, предложили выделение для Северной Евразии новой геологической эпохи — *антропоцена*. Её отличительной особенностью указывается сильнейшее антропогенное влияние на биоты Земли: оно достигло уровня, когда тренды её изменений становятся необратимыми. В работах названных авторов показано, как это понятие соотносится с представлениями о последних геологических эпохах — плейстоцене и голоцене, имеющих свое характерное время и свои особенности пространственной организации биоразнообразия, а также с понятием «*техноцен*», предложенным зоологом Н.К. Верещагиным (2002).

Что такое антропоцен? Как это понятие соотносится с учением В.И. Вернадского о ноосфере, с представлениями о последних геологических эпохах

— плейстоцене и голоцене, имеющих свое характерное время и особенности пространственной организации биоразнообразия? Какие биогеографические тренды и новые феномены могут индцировать антропоцен? Эти вопросы с недавних пор волнуют географов, которые как представители синтетической науки, наиболее близкой к изучению меняющейся природы Земли, желают найти алгоритм понимания нарождающейся новой геологической эпохи.

Антропоцен — «неформальный геохронологический термин, обозначающий геологическую эпоху с уровнем человеческой активности, играющей определяющую роль в состоянии сухопутных ландшафтов Земли» (Editorials, 2011, p. 254).

Если голоцен, современная геологическая эпоха, «составляющая последний, не закончившийся ещё отрезок антропогенного (четвертичного) периода геологической истории Земли» послеледниковья, то критерии, взятые в основу его выделения, могут с полным основанием использоваться и для уточнения временных границ современного периода развития нашей планеты — антропоцена. Как мы видим, такими критериями для выделения геологической эпохи является не климат, а характер «наследуемой» геологической деятельности на поверхности Земли. Глобальная климатическая система оказалась необычайно устойчивой, регулируемой прежде всего экзогенными (космическими) факторами и, в меньшей степени, эндогенной разномасштабной цикликой — проявлением внутренней самоорганизации, в которой «первую скрипку» играет мировой океан и атмосферная циркуляция. И если на данном отрезке истории

Земли в принятых масштабах времени климат инвариантен, то критериями выделения антропоцена должно быть то, что отличало бы его от предыдущих геологических эпох — плейстоцена и голоцена.

Авторы термина «антропоцен» — Пауль Крутцен и Юджин Стёрмер (Crutzen, Stoermer, 2000; Editorials, 2011) — основной упор делали и делают на *масштабную деятельность человека* в последние столетия, в основном после промышленной революции. Однако и в плейстоцене и в голоцене она, за счёт переложной системы хозяйствования, широкого использования огня и избирательной охоты, существенно преобразовала планету, изменив её физические, химические и биологические характеристики: например, альbedo поверхности, геохимический и гидрологический режим водоёмов суши, размеры и структуру морских мелководий, интенсивность накопления озёрных отложений (сапропеля), и, наконец, состав биоты. Через эти первичные изменения менялся климат, гидрология суши, условия для миграций организмов, их продукционная и биогеохимическая активность, шло массовое вымирание животных, формировались антропогенные субклимаксы растительного и почвенного покрова.

Действительно, уже несколько тысячелетий роль человека на Земле сопоставима с геологической деятельностью по масштабам проявления, интенсивности действия и необратимости последствий. Но именно в последние тысячелетия наиболее остро проявилась важная черта «геологической работы» человека — сопоставимые по пространственно-временным масштабам с геологическими преобразованиями среды и необратимость её антропогенных изменений.

Выделяя среди характерных черт последних геологических эпох такое яв-

ление, как сближение характерных времён событий и явлений (оледенений и межледниковий, морских трансгрессий и регрессий, циклов изменения химизма атмосферы, потеплений и похолоданий, аридизации и гумидизации климата, интенсивности седиментации и физико-географических процессов на полярных окраинах), можно определить, что следующая эпоха должна преимущественно ещё больше отражать «сжатие» временных интервалов необратимых изменений. При этом человечество по-прежнему не в силах масштабно менять ход внешних по отношению к ландшафту естественных процессов на Земле, определяемых в первую очередь космическими факторами, но оно меняет их ритмику и расширяет диапазон (амплитуду) изменений. Следствием этого и стало формирование с позиций биогеографии условий для начала новой геологической эпохи:

— установление в пределах последних тысячелетий и столетий для разных компонентов окружающей среды, прежде всего биоты, и разных явлений устойчивых трендов, по совокупности которых можно определить *временной континуум старта антропоцена*;

— *необратимость изменений* окружающей среды и свойств её отдельных элементов (химизма атмосферы и гидросферы, трансформации поверхности Земли и условий биогеохимической работы организмов, вымирание видов животных и растений и др.);

— *формирование качеств неореликтовости и новой рефугиальности* для экосистем, растительности и биоты в целом, которые сформировались в отличных от современных условиях среды, а в настоящее время не успевают адаптироваться к её новым состояниям, становятся реликтами прошлых эпох и не занимают

потенциально возможный ареал на Земле. При этом возникает эффект «сжатия пространства», когда исходное природное состояние (рельефа, почв, растительности, животного населения) характерно для сравнительно небольших по площади, часто нерепрезентативных территорий, а всё остальное пространство как раз и есть проявление нового времени — антропоцена (природа Западной Европы, степи Европейской России, саванны Африки, где близкое к естественному состояние сохраняется в основном в заповедниках и национальных парках);

— даже после прекращения воздействия человека на ландшафты определённых территорий и акваторий, восстановление их исходных параметров (химического состава атмосферы после предотвращения загрязнения, стока рек после разрушения плотин, состава лесов после их массовых многократных рубок, биоразнообразия после избирательного использования и пр.) не происходит, а наблюдаются *конвергентные с исходными, менее устойчивые новые состояния*. Они в совокупности и определяют картину новой эпохи: для атмосферы — новые химические константы состава, для рек — новый режим стока и возможности для самоочищения воды, для рельефа — новые формы, характер и интенсивность эрозионных процессов и формообразования, для озёр — режим трофности и накопления сапропеля, для биоты — новые сукцессионные системы, которые включают не только аборигенные, но и инвазийные виды;

— необратимые *антропогенные элементы структуры и динамики современных ландшафтов*, в т. ч. квазиприродных. Так, сравнительно недавно при детальном анализе многоспектральных космических снимков лесов Валдайской возвышен-

ности выявлена наследуемая аграрная фрагментация современного ландшафта, элементы антропогенной мозаики которого составляют около 2 га (Белоновская и др., 2014), в т. ч. для территорий, для которых доказано отсутствие земледелия около 400 и более лет.

Доминирование по площади антропогенных модификаций экосистем (морских и сухопутных) и их включение в филоценогенетическую систему (в эволюционные преобразования экосистем) — важная отличительная черта антропоцена. До его старта в плейстоцене и голоцене среди глобальных факторов филоценогенеза, связанных с человеком, действовали только огонь и избирательная охота на крупных млекопитающих, которые всё же вписывались в формулу «человек есть часть природы» и сопровождалась самовосстановлением биоты. Правда, и в том, и в другом случаях эволюционный отбор биоты под контролем первобытного человека шёл нарастающим темпом, влияя, например в случае с охотничьей фауной, на наследуемый экстерьер животных и на предрасположенность к одомашниванию, а в случае возрастающего действия огня — на формирование целого комплекса пирогенных фитоценозов, включая сосняки, маквис, гарригу, чапараль, саванны, степи, прерии, вальды, вельды и пр. (Тишков, 2003, 2005а,б).

2. Мировоззренческие основы биогеографии антропоцена

Ранее (Тишков, 1998, 2011; Котляков, Тишков, 2009) было показано, что развитию современной географии мешает недостаточный уровень её гуманизации и отсутствие чётких нравственных принципов во взаимодействии с практикой, в первую очередь отсутствие механизма ответственности перед будущими поко-

лениями за интеграцию географических знаний и географических прогнозов в повседневную деятельность человека. Как ни странно, но именно недостаточный учёт в анализе и синтезе географических знаний актуальной картины приводит к ложному представлению о безграничных масштабах экстраполяции значимости географических данных, полученных при изучении т. н. «природных ландшафтов», «природных состояний», «фоновых параметров среды», «ненарушенных территорий», «популяции в естественных местообитаниях» и т. д. Например, сведения о фауне степного заповедника имеют ограничения экстраполяции в пределах 2–3% от прежнего ареала степной зоны, а данные о составе флоры и растительности зрелых девственных средне- и южно-таёжных лесов Европейской части России — в диапазоне 10–15% от площади природной зоны.

Современные исследования биогеографов на охраняемых природных территориях и на небольших участках сохранившейся природы, по сути, малоценны для географических экстраполяций. Так, биогеографические характеристики внутренних водоёмов страны настолько трансформированы изменениями гидрохимических параметров (например, их трофности), преднамеренной и непреднамеренной интродукцией фауны, что все их географические сопоставления и заключения по результатам анализа состава и функционирования экосистемы возможны лишь при учёте антропогенной составляющей в структуре, функционировании, динамике и эволюции. Большинство современных ландшафтов, экосистем и биот Северной Евразии, а также многих других регионов планеты, представляет собой результат тысячелетнего контроля со стороны хозяйственной деятельности

человека и сопровождающих её процессов трансформации — роста частоты пожаров и рубок леса, усиления выпаса скота, развития эрозии, регуляции стока, загрязнения среды, эвтрофирования водоёмов и интенсивного накопления донных отложений, фрагментации ландшафта, избыточности и избирательности промысла охотничьей фауны, контроля численности популяций хищных животных и т. д.

Ещё в середине XIX в. известный немецкий географ К. Риттер писал, что Земля не только самостоятельно развивается, но и служит ареной многообразной деятельности человека. Этот тезис с большой определённостью пропагандировал Джон Марш в США, подчёркивавший активный характер воздействия общества на природу. В его книге «Человек и природа» 1866 г. деятельность людей сравнивалась с мощным геологическим процессом, выдвигался призыв к изучению этого фактора. А видный французский географ Элизе Реклю считал, что современную природу необходимо понимать как результат естественного и антропогенного воздействий и определённо указывал, что география является социальной наукой, которая стремится установить гармонию природы и человека (Котляков, Тишков, 2009).

Именно в таком мировоззренческом окружении создавались основы современной отечественной физической географии, в т. ч. трудами представителей школы В.В. Докучаева — Г.Н. Высоцким, Г.Ф. Морозовым, Л.С. Бергом, А.А. Борзовым, В.Н. Сукачёвым, Р.И. Аболиным, А.А. Григорьевым и др. Л.С. Берг считал, что «география есть наука о ландшафте», а конечной целью географических исследований является изучение и описание ландшафтов, как природных, так и культурных. Но надо понимать, что география конца XIX в. была противоречи-

ва в отношении определения предмета и содержания, что служило выражением её «дуалистического» характера, пытающегося соединить знания о природе Земли, преобразуемой человеком, со знаниями о человеке и обществе.

Господствующим направлением этого периода в географии, в противовес мнению Э. Реклю, было естественнонаучное направление русской школы, во многом перенявшей взгляды А. Геттнера (1925). Ещё А.Н. Краснов называл географию «философией естествознания», подразумевая её синтетическое содержание и обязательную актуализацию предмета исследований, т. е. учитывающую антропогенную составляющую (Голубчик и др., 1998). А. Геттнер (1925), будучи сторонником единой географии, сводил её к страноведению и ландшафтоведению, рассматривая человека и последствия его деятельности как компоненты природного ландшафта. По нашему мнению, отход от «геттнеровской географии» привёл многих российских географов к методологической ошибке — к *отказу от актуализации исследований*, к обязательному разделению предмета и объекта исследований на «природные» и «неприродные», к нежеланию воспринимать, как писалось в некоторых публикациях 1940-х и 1950-х гг., идеи «буржуазной географии» о «заполненном пространстве», где всегда присутствует человек и следы его деятельности. Ведь по А. Геттнеру география — хорологическая наука о земной поверхности, изучающая пространство и пространственные взаимоотношения, где предмет исследований — «индивидуальные земные пространства и места», «устойчивые взаимоотношения в каждой местности» (Геттнер, 1925, с. 55). Человек с его духовной культурой и хозяйственной деятельностью является частью

любого ограниченного пространства. По сути, именно такое понимание предмета исследований делали географию наукой, изучающей антропоген, — в противовес другим естественным наукам, изучающим прошлые состояния природы, вне глобального воздействия человека.

Хорологическая концепция А. Геттнера не акцентировала развитие пространственных отношений во времени и давала «конечную» картину. Особенно жёсткой критике, хотя и не всегда объективной, идеи А. Геттнера подверглись в 1940-х и 1950-х гг. в рамках травли Л.С. Берга и А.А. Григорьева (см.: Тишков, Мурзаева, 2008; Тишков, 2015а). Пик этих абсурдных обвинений, прозвучавших в многочисленных статьях и в выступлениях сотрудников Института географии на специальном заседании Учёного совета, пришёлся на начало 1950-х гг. Приведу цитату из статьи В.А. Витизевой (1950, с. 96), будущего видного экономгеографа и ректора Сыктывкарского государственного университета, а в те годы — аспирантки института:

«У этих учёных [Л.С. Берга и А.А. Григорьева. — А.Т.] имелись крупные теоретические ошибки. Представления академика Григорьева о «едином географическом процессе» как предмете географической науки далеки от марксистской постановки этого вопроса. Он совершал грубую ошибку, смешивая законы развития природы с законами общественного развития. Академик Григорьев отказался от своей порочной теории, однако аналогичные, ошибочные взгляды ещё сохранились у многих географов. У академика А. А. Григорьева имеются и другие теоретические ошибки. Нельзя, например, согласиться с его «законом интенсивности физико-географического процесса», якобы присущего различным природным зонам, и др. Не меньший вред причинили теоретическому фронту географии ошибки

и других географов. «Гармоническое» понимание ландшафта, хронологический подход к географии, геттнерианская классификация наук, которые ранее отстаивал Л.С. Берг и которых придерживаются ещё поныне некоторые ландшафтоведы, ничего общего не имеют с диалектическим материализмом».

А.Г. Исаченко (1971), как бы продолжая эстафету политизированных дискуссий в географии начала 1950-х гг., писал: «Геттнеровская хронологическая концепция в известной мере может рассматриваться как вершина буржуазной географии конца XIX – начала XX вв., но вместе с тем и как наиболее концентрированное выражение её кризиса» (с. 255). Спустя более 40 лет он повторил эти мысли применительно к анализу становления ландшафтоведения в России (Исаченко, 2014).

Идеи создания теории единства актуальной географии, у которой предмет исследований — меняющаяся под воздействием человека Земля, — уступили место стремительному дроблению науки на мелкие дисциплины, каждая из которых строила свою методологию исходя из постановки «чистого опыта» без учёта воздействия человека на объект её исследований (климат, воды, рельеф, почвы, растительность, фауну), убирая человека из ландшафта, а значит и отдаляя общественную географию (экономическую, социальную, политическую) от физической географии и делая всё более невозможным их единство и страноведческий синтез. Для биогеографии такой подход оказался чреват методологическим кризисом, в основе которого — позиция «вижу одно, а пишу о другом» и не всегда удачные попытки соединить принципы классической биогеографии с подходами синтеза знаний о современном распространении организмов на Земле. В этой ситуации постановка вопроса об антропоцене не имела бы под

собой никаких фундаментальных основ. Мы же стоим на позициях, что в географии и тем более в биогеографии пришло время актуализации предмета и объекта исследований.

Несомненно, оценка роли необратимо преобразующего природу Земли антропогенного фактора получила воплощение ещё в первой половине XX в. в работах В.И. Вернадского (1994). Эта сила меняет биогеохимические процессы и в конечном итоге перестраивает естественные циклы миграции вещества и потоки энергии, в т.ч. углерода. Преобразование биосферы под влиянием осознанной человеческой деятельности, по В.И. Вернадскому (1994), приведёт к становлению ноосферы: «как мы увидели, геологически мы переживаем сейчас выделение в биосфере царства разума, меняющего коренным образом и ее облик, и ее строение, — ноосферы» (с. 127).

Можно по разному оценивать соотношение концепции антропоцена с идеями К. Риттера, Дж. Маршала, Э. Реклю, А. Геттнера, В.В. Докучаева и В.И. Вернадского, но важно признать методологическую ценность всех подходов, которые способны интегрировать географические знания и прогнозы в повседневную деятельность человека, не отдаляя (разделяя) и не противопоставляя человека и природе, что с нашей точки зрения можно считать нарушением норм *географической этики* (Котляков, Тишков, 2008, 2009). Определив начало новой геологической эпохи — антропоцена, мы по сути предупреждаем человечество о коренных, часто необратимых и негативных в отношении качества окружающей среды, перестройках природы, а с другой — даём географический прогноз как мощный научный инструмент, который по определению будет востребован обществом. Кроме то-

го, мы подчёркиваем условность таких понятий в географии, как «ненарушенная природа», «природный ландшафт», «фоновый мониторинг» и вслед за Удо Шикхоффом (Schickhoff et al., 2014) отмечаем, что именно биогеографии как наука со сложившимся синтетическим характером, многообразием междисциплинарных подходов и методов при актуализации объектов и явлений способна индикативно подтвердить начало нового этапа развития природы Земли и необратимость её изменений. А принимая во внимание положения, выдвигаемые Эккартом (Eckart, 2010), действительно можно говорить и о «новом шансе» для развития географии, который даёт актуализация меняющейся природы, или об эволюционном наполнении методологии актуальной биогеографии (Сох, Moore, 1993; Тишков, 2013).

В отличие от предшественников (Editorials, 2011; Steffen et al., 2011), автор настоящей статьи отодвигает границы начала антропоцена в Северной Евразии на первые века нашего времени, на климатический период «римского оптимума» — около 2000 лет назад (Тишков, 2015a). В то время оказалось возможным массовое расселение народов, были внедрены новые технологии земледелия, железные орудия, активно использовалась в хозяйстве одомашненная лошадь, за счёт чего стали доступны для освоения значительные водораздельные пространства Евразии, а не только её прибрежные территории вблизи морей, озёр и рек.

3. Современные биогеографические тренды и старт антропоцена

Анализ палеоклиматической, палеогеографической и палеоэкологической информации показывает, что рубежность в динамике развития (естественной цикличности и трендах) природы наступила во

второй половине голоцена после завершения атлантического оптимума и формирования системы и границ природных зон, близких к современным (около 5 тыс. лет назад). В этот период очаговые антропогенные трансформации естественной растительности в результате выжигания и рубки лесов, переложной системы распашки и пастьбы, регулирования стока рек и их последствий (например, смыв почв в результате водной эрозии) стали приобретать фронтальный характер на материках, меняя необратимо дигрессивно-демутационные ряды сукцессий по составу участвующих в них видов растений и животных и по скорости восстановления до исходного состояния. Мощные цивилизации Европы, Северной Африки, Азии, Северной и Латинской Америки в период атлантического оптимума и в последующие продолжительные периоды потепления, когда средние температуры и количество осадков были выше современных показателей, получили дополнительные импульсы развития. Происходило расширение зоны хозяйственного освоения суши до пределов, допустимых с позиций доступных на тот период времени технологий — управления огнём (направленные палы на пастбищах, использование огня при охоте и подсечно-огневое земледелие), обработки земли, приготовления и запасаения пищи, освоения водных транспортных путей, селекции в зерновом производстве и животноводстве, защиты от сезонных похолоданий.

Остановимся на выявляемых трендах изменений биоты и их соотношении с временным континуумом старта антропоцена Северной Евразии.

1. Как было отмечено выше, старт антропоцена приходится на период около 2000 лет назад с временным континуумом в разных регионах Северной

Евразии в несколько веков. Например, это наблюдалось на Русской равнине с окончанием энеолита и начала железного века, когда происходила череда исторически значимых и зафиксированных климатических событий последних двух тысячелетий: так называемый «римский оптимум» (II–III вв.), холодная эпоха Великого переселения народов (V–VI вв.) и средневековый климатический оптимум (X–XII вв.). Именно в этот отрезок истории Земли и цивилизации определился синергетический эффект, возникший при фронтальном (а не ленточно-очаговом, как было ранее) расселении как результат единовременного хозяйственного освоения новых территорий и сопутствующих им глубоких климатических изменений.

В это время границы Ойкумены античного мира максимально расширились, а в большинстве споро-пыльцевых спектров климатогенные циклы обилия тех или иных групп растений сменились их устойчивыми антропогенными трендами, заметным стал спектр пыльцы вторичной растительности и культивируемых злаков и сорняков. Например, для регионов «нового освоения» европейскими народами в период «римского оптимума» в подзоне хвойно-широколиственных лесов Валдайской возвышенности на рубеже 1900 лет назад в торфяных отложениях отмечено резкое сокращение обилия пыльцы ели и широколиственных пород и доминирование сосны с одновременным ростом обилия пыльцы злаков (Климанов и др., 2010).

2. В отношении фауны Северной Евразии также можно выделить как минимум три биогеографически значимых тренда после атлантического оптимума: а) завершение процесса вымирания представителей «плейстоценовой фауны» — овцебыка, тура, дикой лошади, бизонов и др.

(Флеров, 1955); б) сравнительно быстрое расселение на бывшие лесные территории млекопитающих открытых пространств, например, в пределах лесостепной и лесной зоны центральных районах Европейской равнины — волка, лисицы, чёрного хоря, обыкновенного ежа, европейского крота, водяной полёвки, полевой мыши, обыкновенной полёвки и др., а также гемисинантропов и синантропов (домовой мыши, серой крысы и др.); в) синергизм воздействия человека и изменений климата, выразившийся в необратимых или долгообратимых для осваиваемых ландшафтов изменениях — обезлесивание, фрагментация за счёт мелкоконтурности аграрного освоения, истощение и смыл почв, выколаживание рельефа, трансформация стока рек, изменение дренажа территорий, заиливание и зарастание малых рек и озёр, закрепление пасквальных и пирогенных субклимаксов растительности. Они вызвали такие же необратимые перестройки локальных фаун — обеднение аборигенного состава, появление мощного адвентивного и синантропного комплекса.

Следует привести здесь высказывание Н.К. Верещагина (2002) в отношении последнего ключевого в истории фауны Земли периода, называемого им «техноцен». Ссылаясь на книгу Ф. Харпера о редких и исчезающих видах животных (1945 г.), он отмечает, что за последние 2000 лет на земном шаре вымерло 106 форм (видов и подвидов) зверей, в том числе в Европе — 6, в Азии — 3, в Северной Америке — 27, в Африке — 9, в Вест-Индии — 41. Особенно интенсивно с чётким трендом процесс вымирания млекопитающих и птиц проявился в последние 500 лет (Флинт, 2002; Тишков, 2005а,б).

3. Если принять во внимание возможности расселения древнего человека по

водным путям — по рекам и прибрежным мелководьям озёр и морей, а также пешими сезонными переходами со сменой истощающихся местообитаний, то само расселение не давало эффекта фронтального освоения суши. Это оказалось возможным только после одомашнивания лошади, которое, согласно оценкам археологов и палеонтологов (Anthony et al., 2000), происходило в степях Северной Евразии в начале IV тысячелетия до н. э. Кроме того, были отмечены изменения в культуре и хозяйстве населения, которое занималось коневодством. Домашние породы лошадей появились во второй половине III тысячелетия до н. э. После этого домашняя лошадь стала частью культуры большинства народов Евразии и использовалась как в военных целях, так и в аграрном производстве. Несомненно, что если искать индикатор начала антропоцена, то он — в широком повсеместном использовании лошади как объекта мясного и молочного животноводства, транспортного, гужевого, тяглового, охотничьего и военного средства. Оно позволило, например, степным индоевропейским народам сравнительно быстро заселить и значительно преобразовать в требуемом направлении (лесо-поле-луговой, лесо-луговой и лесостепной ландшафты) огромные пространства Северной Евразии от Тихого до Атлантического океана. Совокупно с другими народами, использующими для этих же целей северного оленя, верблюда, яка и др., в антропогенное преобразование были включены обширные области распространения многолетней мерзлоты, субаридные и аридные земли, горные территории.

Конкурентные преимущества народов, имеющих в своём хозяйстве такое полифункциональное средство для жизни, как лошадь, очевидны. К тому же домашняя

лошадь, численность которой искусственно поднималась, выступила мощным конкурентом крупным травоядным млекопитающим, в т. ч. своим диким сородичам, ускорив вымирание некоторых из них на просторах Евразии.

4. Глубоким необратимым фактором влияния на биогеографические рубежи Северной Евразии и статус отдельных биотических регионов в этот период стала первая после оптимума голоцена антропогенная трансформация границ природных зон, расширение областей распространения вторичной растительности (мелколиственных лесов, сосняков, суходольных лугов, сбитых перевыпасом степных пастбищ, трансформированных пойменных лесо-луговых комплексов). Это достаточно ярко проявляется при анализе споро-пыльцевых спектров голоценовых торфов в разных регионах и показывает близость времени активной трансформации климаксовой растительности и наличие определённого лага в воздействии человека на растительный покров и в его реакции. Сложившийся к началу нашего времени на больших пространствах нового освоения Северной Евразии (периферия Ойкумены) переложный способ использования земель не позволял растительности восстановиться до исходного (климаксового) состояния, а частота воздействий (выжигания, рубок, распашки, пастбищного сбоя, водной эрозии, дефляции, эвтрофирования почв и вод) стимулировала формирование субклимаксовой растительности на всём пространстве, пригодном для жизни.

То есть смысл биогеографических трендов и старта антропоцена следует искать не только и не столько в сопоставлении составов региональных флор и фаун, сколько в филоценогенезе в целом и в тех его проявлениях, которые связаны

с антропогенной трансформацией сукцессионных систем (Разумовский, 1981; Тишков, 2005а,б, 2009). С.М. Разумовский (1981) писал: «ареал сукцессионной системы мы обозначили как ботанико-географический район. Во времени существование системы на конкретной территории также ограничено тем периодом, пока климат на этой территории остаётся в пределах амплитуды. При чрезмерном изменении климата система либо мигрирует вслед за перемещением климатических районов (географическая смена), либо, если миграция невозможна, погибает, освобождая площадь для новых систем, возникающих в результате филоценогенетических преобразований» (с. 220).

Например, эти эффекты мы наблюдаем при реконструкции развития растительности Валдайской возвышенности по данным споро-пыльцевого анализа торфяных отложений (Тишков, 2005а,б, 2010, 2015а; Климанов и др., 2010). Под воздействием климатических циклов постоянно, с инерцией в несколько сотен лет, на территории исследованного района (Валдайское поозерье) происходили внутриландшафтные перестройки растительного покрова. Число выявляемых циклов колебаний климата и синхронных максимумов представленности в споро-пыльцевых спектрах элементов зональной флоры существенно разнятся, что связано прежде всего с инерционностью первичных сукцессий, продолжительность стадий которых для лесной растительности выше, чем климатические циклы голоцена (Тишков, 2015а).

Эта особенность также показывает отличие голоцена от антропоцена, в котором климатогенные сукцессии имеют подчинённое положение по отношению к антропогенным, что и демонстрирует споро-пыльцевой и ботанический ана-

лиз современных отложений, включая торф, сапропель, погребённые почвы и пр. Тренд последнего похолодания выражен от малого климатического оптимума к настоящему времени (последнее тысячелетие). Это коррелируется с некоторыми прямыми и косвенными данными в динамике природы, хозяйства и населения. Для рассматриваемого района Валдайской возвышенности это: 1) необратимое сокращение площади широколиственных и хвойно-широколиственных лесов, 2) колебания интенсивности аграрной деятельности при общем тренде к её снижению, 3) поступления в водоёмы твёрдого стока с эродированных склонов. К этим признакам следует отнести: 4) проявление «неореликтового» характера распространения на Валдае некоторых видов животных неморальной фауны, например фауны дубрав (желтогорлая мышь, сони) и фауны лесо-поле-лугового ландшафта (косуля, заяц-русак, серая куропатка), 5) сохранение на некоторых болотах реликтовой гляциальной флоры (например, *Betula nana*, *Saxifraga hirculus*), 6) замедление темпов развития мезотрофной каймы верховых болот.

Хозяйственная деятельность человека в зависимости от характера и частоты нарушений растительного покрова, как один из факторов филоценогенеза, за счёт синергизма с действиями меняющегося климата сформировала в последние тысячелетия на пространстве Северной Евразии и в других регионах Земли беспрецедентное разнообразие синтаксонов вторичной растительности и природно-антропогенных комплексов фауны. Пределы сукцессионной динамики растительности, отслеживаемые локальной фауной, в наше время представлены рецидивными (при увеличении частоты нарушений — пожаров, рубок леса, распашки, интенсивного

выпаса скота и пр.), диаспорическими (уничтожение на больших пространствах климаксовой растительности и доминантов растительных сообществ), пирогенными (за счёт увеличения частоты пожаров — «оборота огня»), постагрогенными (при переложной системы земледелия) и прочими субклимаксами (Исаков и др., 1986; Тишков, 2012).

Максимум хозяйственного освоения ландшафтов Евразии (существенно больший, чем современный) был достигнут, например, на севере и северо-западе Русской равнины в древнерусский период (X–XV вв.), когда при сохранении подсечно-огневого земледелия (для создания отрубов, хуторов, освоения лесных незанятых участков) активно внедрялась и трёхпольная система землепользования вокруг деревень. Ярким примером этому служит наследуемая фрагментированность ландшафта (Белоновская и др., 2014), обилие жалыников (общинных кладбищ), городищ и поселений этого периода, обнаруженных археологами на северо-западе Европейской России, где выявляется повсеместность хозяйственной деятельности в древнерусскую эпоху. Например, на Валдайской возвышенности особое внимание обращает на себя плотность поселений по берегам озёр Валдайское, Ужин, Вельё, Боровно, рек Полометь, Валдайка, Шегринка и др. Эти территории были одними из самых густонаселенных в конце I тысячелетия н. э. и имели наиболее высокие антропогенные нагрузки на аборигенную фауну и её местообитания (Кузнецов, Тишков, 2012). Причины перестроек фауны в древнерусский период освоения Валдайского поозёрья определяются следующим.

Во-первых, в этот период интенсивно опромышлялись угодья с пушными зверями — соболиные (Кириков, 1950, 1966),

бобровые, выдровые, беличьи и другие, приуроченные к слабонарушенным лесным угодьям.

Во-вторых, из-за отсутствия сети сухопутных дорог для транспортировки грузов, сплава леса и связей между населенными пунктами использовались малые и средние реки, берега которых осваивались также под выпас, сенокосы, огороды, что привело к уничтожению пойменных местообитаний целого ряда млекопитающих (бобр, выдра, европейская норка, выхухоль и др.).

В-третьих, впервые на состав фауны млекопитающих региона начинает влиять антропогенная фрагментация ландшафта, резко сокращается численность крупных млекопитающих (Кириков, 1950, 1966) — лося, бурого медведя, рыси, тура, косули, лесного тарпана. В результате возникают эффекты мелкоконтурности (недостаточности характерного пространства для создания убежищ и питания) и ремизности (недостаточности условий для защиты у животных открытых пространств); последнее приводит к росту численности волка, лисицы, чёрного хоря, горностая, косули, зайца-русака.

В-четвёртых, разнообразие посевов, обилие мелкого и крупного рогатого скота и домашней птицы в соседстве с лесными угодьями создаёт условия для формирования ядра регионального фаунистического комплекса, связанного с аграрным производством и обитанием в хозяйственных постройках и жилых помещениях (в локальной фауне оно составляет до 20–30%).

В-пятых, антропогенное преобразование растительного покрова и ландшафта в целом привело к изменению соотношения зональных и интразональных групп фаунистического комплекса, который из типичного бореального с незначительным

участием неморальных видов постепенно трансформировался в выраженный смешанный тип, в котором существенна роль видов лесо-поле-луговых, а уж затем представителей фауны таёжных лесов, хвойно-широколиственных и широколиственных лесов. Также отмечается присутствие гипоарктического элемента фауны (дикого северного оленя, россомахи, белой куропатки). На баланс разных групп фаунистического комплекса, начиная с VIII–X вв., в рассматриваемом регионе стал влиять не климат, а хозяйственная деятельность.

Как ни странно, но разные стратегии необратимого преобразования природного ландшафта у древних народов в последние два тысячелетия давали сходные эффекты.

Адаптационная стратегия, характерная для ряда финно-угорских народов, внешне имитировала «вписывание» системы хозяйствования в природных ландшафт. Леса, болота, пойменные комплексы сохраняли физиономически близкие природным состояниям, однако именно она привела за счёт диффузности расселения и избирательности в использовании ресурсов к а) формированию наследуемой мелкоконтурной мозаики лесного ландшафта и б) необратимой трансформации местной фауны, которая теряла некоторые компоненты (например, крупных хищников) и искусственно повышала численность других — например, лося, привлекаемого обилием вторичных лесов и появлением низкорослой сосны на искусственно дренируемых небольших верховых болотах.

Стратегия крупноочагового и фронтального преобразования ландшафта, свойственная древним славянским и славяно-балтским оседлым народам, приводила к необратимым последствиям для

биоразнообразия и соответствующим биогеографическим эффектам. Наилучшим образом они описаны С.В. Кириковым (1959, 1960, 1966, 1979), который выявил, как с трансформацией и фрагментацией лесных, лесостепных и степных ландшафтов последовательно происходит трансформация зональных и провинциальных фаунистических комплексов — исчезновение крупных хищников и копытных, замещение одних видов другими.

Задолго до опытов по «преднамеренной интродукции» и «обогащению фауны», свойственных больше XX в., человек имел механизмы преобразования животного и растительного мира в нужном для него направлении: 1) одомашнивание и окультуривание, 2) избирательное уничтожение конкурентов (например, диких копытных на природных пастбищах) и хищников (например, вредящих птицеводству и животноводству хищных птиц и зверей), 3) разведение охотничьей фауны, 4) привлечение, биотехния и покровительственная охрана для подъёма численности некоторых, в т. ч. редких видов, 5) поддержание за счёт сенокосения, выпаса, огня безлесных пространств с преобладанием травяной растительности.

4. Неореликтовость в распространении биоты староосвоенных регионов

Современное распространение многих представителей зональной биоты Северной Евразии и их сохранившиеся местообитания имеют реликтовый характер (Исаков и др., 1986), т. е. их сингенез получил максимальное развитие и происходил в иных условиях окружающей среды, чем современные. В данном случае речь идёт не о реликтах прошлых климатических эпох и периодов (гляциальных, тёплых, холодных, аридных, гумидных), а о

свидетелях периодов развития вне антропогенного влияния, вызывающего необратимые последствия для растительности, животного населения, почв, рельефа и ландшафта в целом. Например, это могут быть острова леса в тундре в полосе относительного (антропогенного) безлесья. В таёжной зоне таковыми становятся старовозрастные леса с типичным бореальным фаунистическим комплексом. В светлыхвойных лесах Северо-Востока Сибири таковы фрагменты тёмнохвойных лесов из *Picea obovata*, которые из-за синергетического эффекта аридизации климата, роста частоты пожаров и рубок практически исчезли в регионе в XX в. Абсолютными реликтами «доантропогенной» эпохи в наше время стали сохранившиеся (частью восстановившиеся) массивы широколиственных лесов, пойменные дубравы, степи на водоразделах степной зоны, саксаульники и различные кустарниково-кустарничково-эфемеровые экосистемы в пустынях, а также многие горные экосистемы — степные, лесные и субальпийские кустарниковые и луговые.

По-видимому, такая постановка вопроса вызовет недоумение у тех, кто занимается палеоэкологическими реконструкциями и палеоландшафтными построениями на основе ботанических и палеонтологических остатков, встречая среди них повсеместно остатки представителей рецентной флоры и фауны. Но мы говорим о трендах и континууме старта необратимых изменений в составе и распространении современной биоты.

Для иллюстрации *эффекта рефугиальности* в распределении современной зональной флоры и фауны рассмотрим распространение степной растительности Курской области. В современном агроландшафте собственно степные экосистемы сосредоточены на склонах ов-

рагов, на пастбищных сбоях и выгонах и узкими полосами по границам сельскохозяйственных угодий. К ним приурочены основные местообитания степной флоры и фауны. Такая картина освоения пространства внутри ареалов видов не влияет на региональные и локальные показатели биоразнообразия (например, локальные флоры и фауны на площадках 100 кв. км) и даёт повод говорить об отсутствии выраженных трендов количественных показателей разнообразия биоты как в районах старого освоения, так и там, где человек стал интенсивно трансформировать природу в последние столетия. Но достаточно проанализировать долю редких видов и тенденции в динамике численности их популяций, как становится понятно, что угроза их исчезновения на локальном и региональном уровнях реальна как никогда. Для стенотопных видов эта угроза ещё более актуальна, т. к. сами местообитания и условия существования их популяций практически невоспроизводимы в процессе восстановительных сукцессий и при проведении специальных работ по экологической реставрации.

5. Вымирание видов — главный тренд антропоцена

Глобальное биоразнообразие оценивается (прогнозируется) в 14 млн видов (Groombridge, Jenkins, 2000). Но данные о количестве известных науке (выявленных и описанных) видов гораздо скромнее — всего 1750000 видов (табл. 1).

Видовое богатство жизни на планете — наиболее «осязаемый» элемент биоразнообразия. Оно создаётся в процессе видообразования, имеющего у разных групп организмов разные скорости. Если представить, что современное разнообразие видов есть результат взаимодействия двух разнонаправленных процессов —

Табл. 1. Глобальное биоразнообразие Земли (обобщённо по: Groombridge, Jenkins, 2000).**Table 1.** Global biodiversity on Earth (after Groombridge, Jenkins, 2000, generalized).

Царство	Тип/класс	Число известных видов	Предположительная оценка числа видов
Бактерии		4000	1000000
Протисты		80000	600000
Позвоночные животные	Позвоночные, суммарно	52000	55000
	Млекопитающие	4630	
	Птицы	9946	
	Рептилии	7400	
	Амфибии	4950	
	Рыбы и круглоротые	25000	
Беспозвоночные животные	Насекомые и многоножки	963000	8000000
	Моллюски	70000	200000
	Нематоды	25000	400000
	Ракообразные	40000	150000
Грибы		72000	1500000
Растения		270000	320000
ИТОГО		1750000	14000000

видообразования и вымирания видов, то приоритет остается всё же за первым. Это подтверждается тем фактом, что 94–99%, существовавших на Земле видов вымерло задолго до появления человека с его способностями приспособлять среду для своего существования, но наличие глобального видового пула — около 14 млн видов, из которых большая часть так и остаётся не выявленной и не описанной учёными, свидетельствует о преобладании процесса видообразования.

Иллюзия обратного тренда (преобладания вымирания) складывается исключительно из-за своеобразного «сжатия времени»: прошлое многообразие жизни распределяется на 4 млрд лет эволюции жизни на Земле, а угрозы вымирания и реальные (фиксируемые документально)

процессы вымирания, связанные с деятельностью человека, оформились в последние тысячелетия (табл. 2). Если исключить катастрофические воздействия на биоразнообразие бицидного и экоцидного действия (извержение вулканов, глобальные наводнения, резкие изменения климата, падения крупных метеоритов и пр.), то формирование разнообразия биоты, доставшееся человеку как «царю природы», — последовательный циклический процесс биологической эволюции жизни. В нём появление новых, более прогрессивных и адаптированных форм становилось сигналом для вытеснения и последующего вымирания более примитивных и неконкурентоспособных организмов. В такой трактовке естественный отбор выглядит своеобразным ситом для

Табл. 2. Число вымерших видов и подвидов млекопитающих и птиц в период с 1600 по 1975 гг. (по: Флинт, 2002).

Table 2. Number of the terminated species and subspecies of mammals and birds during 1600 to 1975 years (after Flint, 2002).

Век	Млекопитающие			Птицы		
	Всего	Видов	Подвидов	Всего	Видов	Подвидов
XVII	3	3	—	9	9	—
XVIII	11	8	3	9	9	—
XIX	26	18	8	68	34	34
XX	67	34	33	74	22	52
Итого	107	63	44	160	74	86

сохранения и преимущественного воспроизведения определённого генетического разнообразия популяций, которое исходно включает бесконечное число комбинаций генов. Оно обеспечивает приспособление организмов практически ко всему многообразию абиотических и биотических условий жизни — реально освоенных видами и потенциальных, пригодных для прямого освоения или освоения в результате средообразующей деятельности животных и растений.

Исходя из этого имеются расчёты «быстрого» (в экспериментах по искусственному мутагенезу и генетической инженерии, а также в природе у самоопыляемых растений) и «медленного» (за счёт реакции на изменения среды *in situ*, при расселении и освоении новых территорий с новыми параметрами среды или при возникновении изоляции) видообразования.

Так, «быстрое» видообразование может охватывать десятки и сотни поколений: месяцы — в экспериментах генетиков, десятилетия, столетия и тысячелетия — в природе. Например, у некоторых видов манжеток (*Alchemilla*) и фиалок (*Viola*) в процессе самоопыления происходит сравнительно быстрое закрепление признаков, позволяющих в ряду нескольких поколений у части популяции проявиться новым видовым качествам, воспроизво-

димым в потомстве. Но достаточно часто появившиеся новообразования, а в некоторых случаях и просто генетические химеры и гибриды близкородственных видов, исчезают, не найдя себе в прямом и переносном смысле «места под солнцем» (экологической ниши). «Быстрым» следует признать формирование в последние тысячелетия видов облигатных сорняков разных сельскохозяйственных культур, достаточно далеко ушедших от предковых форм, а также формирование популяций вредителей сельскохозяйственных культур, устойчивых к определённым ядохимикатам (устойчивость вырабатывается в ряду нескольких поколений). Последнее характерно именно для антропоцена, который вызвал всплеск антропогенного (агрогенного) видообразования у растений-сорняков и насекомых-вредителей сельского хозяйства.

«Медленное» видообразование также вполне наглядно, т. к. демонстрирует у многих групп растений и животных длительное накопление новых качеств, позволяющих им фенотипически, генотипически и репродукционно обособиться, т. е. стать новым видом и самовоспроизводиться в новом качестве. Свидетельства о скорости видообразования в былые геологические эпохи даёт палеонтология в сочетании с геологическими свидетель-

ствами об изменении климата, времени расхождения материков, образования гор и водных преград, а соответственно, и изоляции отдельных популяций растений и животных, а также о появлении мощного средообразующего фактора — деятельности человека. Следует напомнить, что этапы формирования новых родов лошади от одного предка к другому и так до современного вида охватывали 10–20 млн лет. На Галапагосских островах, образовавшихся всего около 1 млн лет назад, обитает 13 видов дарвиновых вьюрков, имеющих одного предка. Сравнительно широкий спектр таксонов имеет скорость видообразования в пределах 1000–100000 поколений, измеряемых периодами активной репродукции. У многих групп насекомых, у некоторых видов рыб, мышевидных грызунов и однолетних и двулетних растений Евразии плейстоценовые и голоценовые перестройки климата и связанных с ними изменений среды (потепления, похолодания, аридизации, оледенения, рельефообразования и морских трансгрессий) стали фоном для формирования новых видов, ставших «ядром» новых зональных экосистем — чаще всего равнинных аналогов ранее существовавших в границах ледниковых рефугиумов горных экосистем. Да и внутривидовая дифференциация в условиях позднеплейстоценовых оледенений и раннеголоценовой дегляциации происходила не миллионы лет, а ограничивалась тысячами лет (условно «медленные» процессы видообразования).

В целом, проблема баланса видообразования и вымирания для территорий и акваторий разного размера решается по-разному. Наиболее рельефно она проявляется в отношении островных биот. Р. МакАртур и Е. Уилсон (MacArthur, Wilson, 1967) предложили «теорию рав-

новесия», согласно которой заселение и возникновение на островах новых видов и вымирание уже поселившихся видов постепенно приходит в динамическое равновесие. Принципы островной биогеографии вполне приложимы и к анализу актуального состояния биоразнообразия в антропоцене. В расширительной трактовке, применительно к «островам» сохранившейся природы в условиях аграрного и индустриального ландшафта, они выглядят следующим образом (Тишков, 2005а):

— процессы появления новых видов и вымирания для конкретной «островной» территории (акватории) в окружении антропогенно трансформированных экосистем вступают в динамическое равновесие;

— чем дальше «остров» (изолированная территория с природными экосистемами) от источника миграции видов (другой территории с аналогичными природными экосистемами), тем медленнее происходит его насыщение видами, формирование зонального пула биоразнообразия и относительно редких видов;

— чем богаче видовое разнообразие флоры или фауны, тем больше в них редких видов (шлейфа видов с низкой встречаемостью и численностью) и интенсивнее идёт их локальное вымирание (исчезновение из «островов» в данной части ареала);

— ни один «остров дикой природы» не имеет разнообразия, которое он имел бы, если бы был равной по площади частью сплошного распространения данного типа экосистем (природных комплексов) на данной территории (часто уровень разнообразия его биоты может быть выше);

— «острова» (природные ландшафты в окружении антропогенного ландшафта, аграрного или индустриального)

демонстрируют более высокие скорости видообразования и микроэволюционных перестроек (обычно выше, чем скорости появления новых поселенцев), а показателем этого процесса служит доля эндемиков; реальным фактором микроэволюционных процессов выступает фактор изоляции, который нарушает естественный обмен генетическим материалом у популяций растений и у популяций животных;

— генетический материал для видообразования на «островах» достаточно специфичный: «первичную селекцию» прошли виды, способные к выживанию на сравнительно небольших участках в окружении чуждой среды и к дальнему заносу (плодовитость, жизнеспособность, летучесть, зоохория и пр.), а также имеющие сравнительно «узкое» генетическое разнообразие исходных форм для эволюции в условиях географической изоляции и слабого пресса других представителей биоты;

— острова природных ландшафтов в окружении антропогенного ландшафта «открыты» для расселяющихся видов, в т. ч. и для инвазий чужеродных видов (часто ведут себя как «губка», впитывающее биоразнообразие с окружающих территорий и акваторий).

Пока человек ещё не способен к действиям, сопоставимым по последствиям с теми, что апробировала природа в отношении вымирания видов. И сейчас каждую минуту нарождаются и вымирают виды, незаметно для человеческого глаза происходит мощная «генетическая работа», которая и есть глобальное динамическое равновесие эволюционного процесса, имеющего характерные времена, в редких случаях сопоставимые с человеческими поколениями, но вполне достаточные, чтобы сглаживать возникающие

тренды в ускорении или замедлении эволюционного процесса. А существование человека — это мгновение в развитии жизни на Земле.

В биогеографическом отношении вымирание можно рассматривать как процесс необратимой перестройки статуса отдельных биорегионов — элементов биогеографического деления планеты. Тарпан, тур, зубр, стеллерова корова и другие вымершие в последнее тысячелетие виды млекопитающих были для многих регионов Евразии дифференцирующими, информационно вполне значимыми для выделения биорегионов на уровне провинций и районов, т. е. очевиден эффект для уточнения их биогеографического статуса.

Трансформация биогеографических рубежей — последствия изменений биоразнообразия.

Как мы уже отмечали выше, реальное сокращение глобального биоразнообразия пока не имеет угрожаемых масштабов. Другое дело — угроза исчезновения редких видов в отдельных регионах планеты, уничтожение их местообитаний, сокращение площадей девственных лесов, истощение биоресурсов морских и пресноводных водоёмов, инвазии чужеродных видов и, как следствие, формирование «островных», «очаговых», «разорванных» (дизъюнктивных) и рефугиальных ареалов. Все общие суждения о глобальном снижении разнообразия на основе «арифметики видового богатства» надо отводить и принимать во внимание только конкретные региональные оценки, опирающиеся на подтверждённую информацию о тенденциях изменения численности и состояния популяций видов, перешагнувших порог репродукционной способности и не способных без поддержки со стороны человека восстановиться. И это,

по-видимому, при балансе и даже некотором опережении темпов видообразования над вымиранием видов на современном отрезке времени. Для таксонов, состояние популяций которых угрожаемое (нарушены механизмы природной репродукции), в 1949 г. прошлого века Международный союз охраны природы создал Комиссию по редким видам и начал действия по их спасению на глобальном уровне, стимулирующие соответствующие национальные программы.

Однако биогеографическая дифференциация пространства, например, Северной Евразии, ещё сравнительно недавно, несколько веков назад, была вполне адекватной с позиций исторически сложившейся организации биоты. Картографический анализ системы границ ареалов млекопитающих Северной Евразии и их симперат на XVII–XVIII вв., реконструируемой в лаборатории биогеографии Института географии РАН, показал, что на рассматриваемый период (антропоцен) на пространстве Северной Евразии:

1. Прослеживаются некоторые исторически сложившиеся к «малому ледниковому периоду» биогеографические рубежи — *арктический* (симперата южных границ распространения арктических видов), степной *меридиональный*, *горные* (кавказский, среднеазиатский, южно-сибирский, дальневосточный) и *прибрежный тихоокеанский*.

2. Уральский хребет, долины рек Волга, Енисей и Лена ещё несколько веков назад не выступали исторически сложившимися биогеографическими границами, хотя можно предположить, что в перспективе они могли бы стать мощными рубежами в распространения видов млекопитающих на просторах Северной Евразии — хотя бы потому, что здесь проходит рубеж распространения народов (этносов)

с разным характером хозяйствования и отношения к аборигенной биоте.

3. Биогеографический парадокс — ещё в XVII в. не проявлялась существенно (т. е. достаточно для включения в биогеографическую дифференциацию континента) рубежность в распространении лесных (бореальных и неморальных) видов млекопитающих в пределах рассматриваемой территории (южнее и западнее таковые наверняка имелись), что достаточно ярко подтверждается отсутствием симперат на условных климатических (не биотических) границах степной и лесной зон на Русской равнине, в Сибири и Забайкалье. Это важно отметить для XVII–XVIII вв., так как спустя два века на той же Русской равнине сформируется «дифференцирующий» биогеографический рубеж высокого ранга между степью и лесной зонами (на уровне провинции), который помимо распространения млекопитающих будет индизироваться и биоразнообразием фаунистического комплекса птиц и насекомых.

4. Видимая рефугиальность и эндемичность в распространении видов млекопитающих Северной Евразии чётко прослеживается для горных регионов (Кавказ, Копетдаг, Памир, Тянь-Шань, Алтай и Саяны, Сихоте-Алинь), но континуум границ распространяется и на предгорья. Например, это касается дальневосточного и переднеазиатского леопарда, амурского тигра и др.

5. В XVII–XVIII вв. выделялись сложившиеся ещё в I тысячелетии н. э. антропогенные феномены в биогеографической дифференциации Северной Евразии, а именно биомы: а) восточно-европейский лесо-поле-луговой, сформировавшийся на месте полосы широколиственных, хвойно-широколиственных и южно-та-

ёжных равнинных лесов, б) евразийский пастбищный степной с западными биогеографическими рубежами — на Балканах (понтийские и субсредиземноморские варианты), на Дону и Нижней Волге (понтийско-туранские варианты), Южном Урале и юге Западной Сибири, определяемый границами многолетних кочёвок многомиллионных стад Орды. Наряду со сложившимися ранее антропогенными средиземноморским и средневропейским лесо-луговыми биотомами, в последние два тысячелетия они представляли полностью преобразованную человеком область Земли с новой биогеографической феноменологией.

Понимание новой феноменологии в биогеографии особенно важно для создания универсальной системы биогеографических знаний и биогеографического (биотического) районирования, в основе которых должны быть актуальные дифференцирующие характеристики биотических комплексов и биотических регионов (Тишков, 1993, 1995, 2005а,б, 2015а; Мордкович, 2005; Петров, 2006), учитывающие не только единство исторических корней, но и соответствие меняющейся на глобальном и региональном уровнях под воздействием природных и антропогенных факторов природе. Ставя в основу анализа биогеографии Северной Евразии исторический фактор, мы уводим от внимания всё актуальное, что происходит с биотой последние два тысячелетия.

Так, из наиболее современных в биогеографическом анализе здесь выделяется сопоставление этапов дегляциации и формирование комплексов арктической, бореальной, неморальной и степной биот, размещение рефугиумов, оценки реликтовости, асимметрия в развитии биоты атлантического и тихоокеанского секторов материка. Всё это происходит

уже под контролем человека, совершенствующего орудия охоты и земледелия и использующего для этого огонь. Но что это — историческое или актуальное? С позиций «характерного времени» становления биоты — актуальное: ведь, наследуя биоразнообразие, новые зональные ландшафты наследуют его циклы и тренды, способности видов к расселению. А человек настолько давно и глубоко преобразует природу на региональном уровне в нужном ему направлении, что перестал считаться «частью природы» и в отношении новой биогеографической феноменологии реально стал дифференцирующим «внешним» фактором, который:

- за счёт создания вдоль южной границы Арктики полосы относительного безлесья расширил на юг область распространения арктических видов;

- с увеличением частоты пожаров, рубками, избирательным преследованием промысловой фауны существенно изменил широтные и меридиональные рубежи лесных биомов как на северном, так и на южном пределах;

- также, используя пожары и направленные палы, интенсивный выпас, многолетние циклы переложной пастбы, вытеснение диких копытных, посредством меридионального азиатско-европейского биотического обмена степной фауной и флорой (с кочевыми скотоводами и воинами) в последние тысячелетия установил антропогенные рубежи степного биома;

- в этот же отрезок времени полностью преобразовал ландшафты и биоты гор, окаймляющих Северную Евразию с юга, что сказалось на состоянии прилегающих к ним предгорных и равнинных территорий, причём первые получили дополнительный стимул для формирования зоны плодородных почв для аграрного

хозяйства, а вторые — неустойчивый водный режим территорий.

6. Факторы трансформации биоразнообразия в антропоцене

Для понимания биогеографических особенностей антропоцена Северной Евразии важно выделить некоторые основные факторы трансформации регионального биоразнообразия.

1. Огонь и биоразнообразие. Данная проблема по древности своего проявления имеет приоритет среди других. Например, большинство лесных пожаров в наше время возникает по вине человека — от 40 до 95%. Но огонь играл значительную роль в динамике девственных лесов и до активного их освоения первобытными людьми. Так, структура, ритмика функционирования, сукцессионная динамика многих типов лесов сформировались под воздействием «природного» огня. К ним относятся, например, большинство типов сосняков (*Pinus spp.*), лиственничников (*Larix spp.*), дубрав (*Quercus spp.*). Огонь повлиял на процесс видообразования и выработку у растений различных приспособлений для выживания при пожарах и быстрой реабилитации после действия огня. Такие растения составляют особую экологическую группу пирофитов и встречаются в природных экосистемах всех термических поясов Земли.

Как специфический феномен антропоцена можно рассматривать широкое распространение антропогенных пирогенных травяных экосистем, которые представлены на всех материках: 1) в Северной Америке — прериями (preria), 2) в Южной Америке — пампой (pampas, llanos, cerrado, campos), 3) в Евразии (от Балкан через Украину и Россию до Монголии и Китая) — луговыми, настоящими и сухими степями, полупустынными

комплексами, 4) на Новой Зеландии — даунлендами (downlands), 5) в субтропической Африке — разными типами саванны (savanna), вельда (veld) и буша (bush). Кроме того, структурно и динамически близкими к ним можно считать вторичные граcсланды и злаковники на месте сухих тропических лесов Азии и Африки, сухие травяно-кустарниковые заросли побережья Калифорнии (chaparral), Средиземноморья (garide, garrigue, maquis), Крыма (шибляк), возникшие в результате постоянного действия огня на месте широколиственных лесов. Особую группу составляют горные степи и сухие субальпийские луга, сформировавшиеся в результате интенсивного выпаса. Физиономически и по составу растений-доминантов они сходны со своими аналогами на равнинах.

На ранних этапах становления пирогенных экосистем огонь способствовал росту биологического и ландшафтного разнообразия отдельных регионов, стимулировал видообразование, повышал ёмкость местообитаний для животных. В настоящее время широкомасштабное воздействие огня, стихийные «дикие» палы, нерегламентированное использование палов для мелиорации пастбищ приводит к унификации биоразнообразия травяных экосистем на значительных территориях, ускоряет региональные процессы вымирания видов.

2. Уничтожение и фрагментация местообитаний. Масштабы этого явления огромны и, как показывают результаты дистанционных исследований, — наследуемые (Белоновская и др., 2014). Почти полностью преобразованы равнинные местообитания Европы. В Восточной Европе в последнее тысячелетие фактически исчезли два природных биома — степей и широколиственных лесов, а в Средней

Азии в течение последних нескольких десятилетий исчезло Аральское море с его эндемичным составом биоты. Наиболее часто первым шагом к утрате природного биоразнообразия становится фрагментация местообитаний. Очень образно её значение в исчезновении крупных копытных и хищников на равнинах Восточной Европы описал С.В. Кириков (1959, 1966), который показал, что при трансформации лесов на южном пределе первыми исчезали крупные животные — лось, медведь, рысь и другие виды, для которых фрагментированные местообитания теряли функции кормовой базы, сезонных миграций и убежища.

Наиболее наглядным пространственным выражением фрагментации становится включение в экосистемный покров сельскохозяйственных земель, линейных сооружений, объектов строительства, промышленности и транспорта. Фрагментация растительного покрова (а, следовательно, и ландшафта) — принципиально новый фактор естественной динамики. Несомненно, в природе имеется размерный (минимальная площадь проявления) и геометрический (форма природного массива) лимиты, которые определяют «порог» антропогенной трансформации. Понятно, что древние формы очагового и переложного сельскохозяйственного освоения природных экосистем «вписывались» своими размерами в природную мозаику или создавали её наследуемую структуру (Тишков, 1994, 1995, 2013; Белоновская и др., 2014). С появлением крупноочагового, ленточного и тем более фронтального хозяйственного освоения земель для крупных регионов возникла угроза необратимого разрушения естественного растительного покрова: в поймах крупных и средних рек юга — пойменные леса, в степной зоне — водо-

раздельные степи на пологих участках, в среднегорьях — относительно пологие участки горных долин и т. д. Индикацией масштабных антропогенных нарушений ландшафта служит исчезновение крупных почвопочных животных (например, в Западной Европе при уничтожении лесов — буро́го медведя, волка, рыси и пр.). Применительно к Московской области связь состояния биоразнообразия и процессов фрагментации природного покрова показал Н.А. Соболев (1997), а для Новгородской области — Е.А. Белоновская с сотрудниками (2014), выделив возможности староосвоенного ландшафта для охраны природы и развития сети охраняемых природных территорий. Индикативная карта экологического каркаса России (Соболев, 2015) демонстрирует последствия процессов фрагментации ландшафтного покрова на континентальном и региональном уровнях.

Наиболее сильным фактором, влияющим на наследуемую фрагментацию ландшафта, после сельского хозяйства становится развитие коммуникаций — формирование транспортной инфраструктуры. Но сами по себе дороги, особенно старые грунтовые, не способны привести к «островизации» и изоляции ландшафта и популяций (Баскин, Охлопков, 2012). Многие виды растений и животных даже адаптировались к наличию таких «ленточных» новообразований: таков, например, известный биогеографический феномен Западной Европы — концентрация редких видов растений и насекомых на обочинах автомобильных дорог. Другой известный биогеографический феномен — формирование вдоль автодорог антропогенных путей (коридоров) расселения биоты. Для ряда групп растений и животных, как показывает анализ таких внутриконтинентальных транспортных коридоров

Северной Евразии как «Шёлковый путь» (из Китая и Индии в Европу), «Янтарный путь» (от Средиземного моря к Балтийскому через Центральную Европу), «Из варяг в греки» (из Южной Скандинавии в Грецию и обратно), дороги становились полосами распространения и непреднамеренной интродукции видов.

3. *Антропогенная экотонизация и «островизация» природных ландшафтов.* Фрагментация влечёт за собой развитие другого мощного процесса антропогенной трансформации биоты — экотонизации границ природных и антропогенных экосистем, формирования сравнительно широких переходных полос от природных экосистем к их антропогенным модификациям. Именно эти процессы по периферии ареалов трансформированных земель часто создают условия изоляции для биоты в границах ландшафта. Антропогенные экотоны подвижны, хотя и рассматриваются как буферы для природных экосистем, но в то же время они расширяют сферу действия антропогенных факторов — физического, химического и биологического загрязнения, изъятия отдельных элементов биоразнообразия и пр. В староосвоенных регионах экотоны сохранившихся природных «островов» по ширине могут быть сопоставимыми с диаметром последних. В абсолютных величинах они составляют сотни метров и километры и часто приобретают элементы структуры и функционирования антропогенного субклимакса (например, пирогенного вдоль дорог или вокруг населённых пунктов).

Наиболее опасным для биоразнообразия в условиях фрагментации становится процесс формирования «островов девственной природы» в антропогенном ландшафте. Нами было предложено определять это явление с позиции неорелик-

товости биоты и экосистем (Исаков и др., 1986). Подобная ситуация характерна для лесных экосистем Средиземноморья, пустынь Передней Азии, лесных экосистем Кавказа, широколиственных и хвойно-широколиственных лесов Европы, сохранившихся массивов степей Евразии. Биогеографический эффект от «островизации» ландшафта связан с изменением закономерностей распространения, структуры и динамики зональной биоты. Её анализ, как было показано выше, теперь может вестись с позиций островной биогеографии. В итоге на первый план выходят такие параметры, как открытость экосистем для внедрения новых видов, скорости вымирания старых и появления новых видов растений и животных, интенсивность и характер антропогенной конвергенции и дивергенции биоты и пр. Именно островные условия приводят к тому, что равнозначными для биоты становятся географические, экологические и эволюционные факторы, активизация которых определяется степенью антропогенной изоляции, что влияет, с одной стороны на видообразование, а с другой — на локальные и региональные механизмы вымирания видов.

4. *Внедрение чужеродных видов, биотические инвазии, «перемешивание» флор и фаун.* Важной отличительной чертой антропоцена вслед за трансформацией, фрагментацией и экотонизацией природных экосистем и биот становится выравнивание условий географической среды и ослабление действия естественных факторов регламентирующих расселение растений и животных, прежде всего — «ценотическая закрытость» экосистем, полнота заполнения их функционального пространства «экологическими нишами». В итоге организмы с широкими нормой реакции и адаптациями к физическим и

химическим условиям среды получают возможности для инвазий и натурализации в новых условиях. В актуальной биогеографии (Тишков и др., 1994; Тишков, 2013, 2015а) для объяснения феномена разрушения отдельных физико-географических барьеров для трансмеридиональных и трансширотных перемещений видов растений и животных пока можно сформулировать несколько положений.

— Расширение экономических и как следствие транспортных связей материков и регионов тысячи лет назад привело в движение «каналы биотических обменов» между биогеографическими областями. Они формируют совместно с природными потоками биоты «биотический дождь» — пул для преднамеренной и непреднамеренной интродукции.

— Антропогенная трансформация природы расширяет спектр местообитаний и вызывает дефицит организмов для их освоения, особенно для тех, которые имеют иные, по сравнению с зональными, параметры абиотической среды. По правилу «растекания жизни» (Вернадский, 1994) участки, свободные от конкурентного давления местных представителей флоры и фауны, оказываются ареной натурализации видов-экзотов. Первыми (во времени) пришельцами становятся виды интразональных местообитаний (например, пойм, где хронические нарушения привели к формированию комплекса видов-пионеров, и каменистых осыпей в горах), а затем — пришельцы из других регионов и континентов.

— Формирование «вторичных» (антропогенных) ареалов свойственно в первую очередь видам с широкой нормой реакции, попадающими в условия с близкими параметрами экологических ниш и образующими викарирующие популяции. Таковым является, например, новый ареал

ондатры в Северной Евразии, который демонстрирует пример циркумбореального типа распространения видов.

В отношении интенсивности инвазий тех или иных видов и групп растений и животных для конкретных территорий старого и нового хозяйственного освоения можно строить «биогеографический прогноз». Его общее правило — предрасположенность к интродукции у вида выше при наличии «симметричных биомов» или участков со сходными климатическими условиями на других материках (Тишков, 1993, 2005а,б, 2013, 2015а).

Глобальный биотический обмен, ускорившийся в антропоцене с развитием свободной торговли (например, действия режима ВТО) и транспорта привёл к тому, что сложились «пары» симметризации биот для биотического обмена — американо-европейская, азиатско-европейская, азиатско-американская, американо-австралийская, африкано-австралийская и др. В основном доминируют долготные обмены, но уже намечаются перспективы формирования симметричных структур южного и северного полушарий — пример с «европейской» биотой в Северной Америке, Австралии и в Новой Зеландии. Северная Евразия стала ареной биотических инвазий тысяч видов растений и животных, что собственно и отличает здесь антропоцен от голоцена, для которого было свойственно направленное расселение организмов из рефугиумов после оледенения и формирования ландшафта.

Антропогенная трансформация биоразнообразия опасна тогда, когда происходит коренное и необратимое (филоценогенетическое) изменение сукцессионной системы, обеспечивающей становление и восстановление природных экосистем. Собственно открытыми для инвазий оказываются группировки и простые

сообщества ранних стадий сукцессий и экосистемы на заключительных стадиях дигрессии. Появляются новые доминанты и эдификаторы. В одних случаях они «блокируют» развитие сукцессий: например, на современных степных залежах сорно-бурьянные пионерные комплексы в отсутствие заноса семян средних и заключительных стадий сукцессии. В других случаях они, наоборот, создают новые их ряды и серии, по сути «укорачивая» сукцессию: формирование древесно-кустарниковых комплексов на обедневших чернозёмах в лесостепи, постагрогенные ряды к неморальным соснякам и дубравам с кислыми почвами на моренных двучленах Восточной Европы. В иных состояниях природные экосистемы исключительно «консервативны» и практически закрыты для инвазий. Человек может направленно уничтожать экологические ниши и саму возможность жизни вида растения или животного, содействовать формированию новой экологической ниши и даже её замещению (примеры с интродукцией енотовидной собаки, ондатры и американской норки в Северной Евразии). Изучение «перемешивания биот» и биотических инвазий — новая задача биогеографии, требующая оценки биогеографических последствий и феноменологии «биологического загрязнения».

5. *Избирательное использование объектов флоры и фауны как причина сокращения биоразнообразия.* В историческом аспекте можно привести много примеров, когда избирательное использование биоресурсов приводило к их полному исчезновению в отдельных регионах. В Северной Евразии, например, это выхухоль, дикий верблюд, сайгак, тур, тарпан, зубр, атлантический морж, стеллерова корова, переднеазиатский леопард, тигр и др. Вымершие виды «позднеплейсто-

ценовой» и «раннеголоценовой» фауны и сократившие ареал виды млекопитающих играли важную дифференцирующую роль в биогеографическом делении голоценовых ландшафтов материка, а их сохранившиеся к настоящему времени популяции подчёркивают биогеографическую оригинальность отдельных территорий. Таковы, например, атлантический морж на арктических архипелагах и островах Северной Атлантики, сайгак в Прикаспийской низменности, зубр на Западном Кавказе.

Растительный мир также богат примерами, когда избирательное использование становилось причиной исчезновения вида. Это относится ко многим лекарственным, пищевым, техническим и декоративным растениям. Например, липняки (из *Tilia cordata*) стали естественно редкими на Восточно-европейской равнине ещё в XII–XIII вв., что связано с хищническим использованием луба и древесины этой породы на разные хозяйственные нужды. Другой пример — состояние популяций растений, ранее используемых для получения природных красителей. Так, широко распространённая по всему ареалу расселения угро-финских, славянских и славяно-балтских народов княженика (полянника, мамура; *Rubus arcticus*), корни которой применялись для крашения полотна в красный цвет, практически исчезла в староосвоенных регионах северо-запада, центра и севера Европейской России ещё в XVIII в., а восстановление её популяций идет крайне медленно.

6. *Химическое загрязнение среды.* Основоположники введения понятия антропоцена в географию (Ehlers Eckart, 2010; Editorials, 2011) считали, что загрязнение среды — главнейшая особенность новой геологической эпохи, фактор, действующий на биоразнообразии, чаще всего

опосредованно через накопление в пище, в почвах и воде загрязняющих веществ. Прямое действие носит токсикологический характер: он приводит к гибели животных и растений, повреждению их репродуктивных органов и пр. Отмечаются и негативные генетические последствия, а также усиление отбора, как в случае с насекомыми-вредителями.

Ярким примером влияния изменений химизма среды на биоразнообразие может служить ситуация с антропогенным закислением северных пресноводных водоёмов за счёт тропосферного переноса выпадения промышленных выбросов и повсеместным эвтрофированием водоёмов суши за счёт сельскохозяйственных стоков (органика и минеральные удобрения). Это приводит к исчезновению целого комплекса аборигенных гидробионтов и их замещению другими видами, в т. ч. заносными. Так, в центральных и южных районах Восточной Европы постепенно произошла унификация пресноводной флоры и фауны и переход ранее обычных массовых видов гидробионтов, характерных для олиготрофных и мезотрофных водоёмов, в разряд редких и исчезающих.

Значительная трансформация биоты отмечается вокруг металлургических и химических предприятий, тепловых станций, цементных производств, т. е. локальные источники загрязнения атмосферы, почв и воды становятся по биогеографическим последствиям региональными. По масштабам воздействия на первые места выходит трансграничный тропосферный перенос загрязняющих веществ, который имеет отдалённые последствия для районов «разгрузки» (например, большая часть Арктики), и химизация современного аграрного производства (например, ситуация в аграрных регионах Северной Евразии).

7. Изменение физических параметров среды, прежде всего климата. Антропоцен, в отличие от голоцена, демонстрирует несопоставимость характерных времён климатических изменений и изменений биоразнообразия и экосистем. За последние тысячелетия Земля была свидетелем продолжительных контрастных климатических циклов, в то время как тренды динамики биоты (вымирания видов, сокращения или расширения ареалов, формирование новых биогеографических рубежей) сохранялись и были обусловлены исключительно деятельностью человека или синергизмом этой деятельности и «быстрых» изменений среды. Поэтому достаточно странным выглядят случаи, когда результаты палеоэкологических реконструкций ключевых хроносрезов плейстоцена и голоцена экстраполируются на современную внутривектовую ситуацию и игнорируются реальные явления в изменениях биоты, происходящие при биотически значимых изменениях климата.

Большинство крупноареальных видов Северной Евразии имеют сравнительно широкую норму реакции в отношении изменений абиотической среды. Видов растений и животных с узкой нормой реакции, например на температурные параметры, сравнительно немного. Некоторые исследователи в своих прогнозах последствий глобальных изменений климата для биоразнообразия при увеличении среднегодовых температур воздуха на 1–2 градуса начинают «двигать границы» и пугать население разными природными катаклизмами. Но разве значимы такие изменения климата для эдификаторной древесной породы, «температурный градиент» или «климаареал» которой настолько широк, что охватывает несколько природных зон? Так, современное распро-

странение ели европейской от лесотундры и северной тайги до подзоны хвойно-широколиственных лесов формирует её климатический ареал в Европейской России с разбросом средних температур: годовых в пределах от -5.9 до $+6.6^{\circ}\text{C}$, самого холодного месяца года в пределах от -4.1 до -18.2°C , самого тёплого месяца в пределах от $+11.3$ до $+19.3^{\circ}\text{C}$ (Базилевич и др., 1986). Кстати, для Северной Евразии абсолютный минимум для всех лесных подзон с участием ели европейской от лесотундры до хвойно-широколиственных лесов одинаков: в пределах от -54.0 до -55.0°C . Для этой породы более значимыми являются другие климатические факторы: весенние и летние засухи, сильные ветра, летние возвраты холодов, когда поздние заморозки побивают молодые побеги и деревья, генетически неспособные к регенерации. Достаточно вспомнить инверсионно безлесные горные долины средне- и низкогорий Кавказа и Урала.

В то же время, последствия климатических изменений антропоцена для биоразнообразия Северной Евразии действительно могут быть катастрофическими. Во-первых, «островное» положение биоты некоторых природных ландшафтов может стать причиной её обеднения. Известно, что при трансформации 90% экосистем «острова» вымирает 50% его биоты. Во-вторых, находящиеся в угнетённом положении популяции растений и животных — например, «гляциальных реликтов», гидробионтов олиготрофных водоёмов — в условиях потепления могут окончательно исчезнуть. В-третьих, под угрозой оказываются некоторые типы экосистем с преобладанием видов стенопной биоты, т. е. с узкой «нормой реакции».

8. *Генно-модифицированные организмы (ГМО) и сохранение биоразнообразия.* Вопросы безопасности ГМО в полной ме-

ре относятся и к человеку, и к природному разнообразию. Эта биогеографическая проблема характерна исключительно для антропоцена. В отсутствии чёткого механизма правового регулирования генно-инженерной деятельности и регламентации безопасности при получении и передаче ГМО, содержащих рекомбинантную ДНК и пр., а также регламентации внедрения на рынок ГМ-культур, ГМ-продуктов и ГМ-кормов применительно к природным экосистемам и биоразнообразию, она может стать наиболее важной в спасении природного разнообразия планеты и её регионов.

Глобальный рынок и вступление России и других стран бывшего СССР в ВТО привели в Северной Евразии к повсеместному распространению ГМО, ГМ-растений и ГМ-продуктов. Растут площади посевов ГМ-растений, выращивание которых требует меньше топлива, более экономично и устойчиво по годам вне зависимости от погодных аномалий, требует меньше традиционных пестицидов, что снижает угрозу здоровью населения и состоянию окружающей среды. Суммарно все преимущества даёт и более высокая урожайность, что в целом способно стабилизировать аграрный сектор в развитых и развивающихся странах.

Однако среди аргументов, которые надо учитывать при планировании мероприятий по снижению риска от ГМО для природного биоразнообразия, можно выделить следующие: 1) нет гарантий, что ГМ-культуры с заданными полезными свойствами не теряют других, не менее ценных качеств, 2) устойчивость к вредителям, приобретённая ГМ-культурами, будет стимулировать появление новых модификаций вредителей, и так до бесконечности, 3) сохраняется угроза передачи чужеродного гена видам, обитающим на соседних с полями зем-

лях, 4) велик риск соприкосновения ГМ-растений с популяциями диких родичей, возможно появление у них чужеродных генов и образование «генетических химер» с неконтролируемыми свойствами, 5) угроза образованию ГМ патогенных форм микроорганизмов, в т. ч. вирусов и бактерий, за счёт рекомбинации РНК клетки ГМ-растений и РНК природных изолятов микроорганизмов, 6) потенциальная возможность неконтролируемых мутаций в трансгенных организмах и восстановление или усиление за счёт мутагенеза патогенности генома, 7) потенциальный риск приобретения новых свойств патогенных микроорганизмов у трансгенных растений, 8) риск внедрения в природные очаги болезней растений и животных и даже возможности формирования новых форм природно-очаговых заболеваний, 9) потенциальная угроза получить в результате внедрения ГМ-культур активизацию диких форм патогенных микроорганизмов и расширения ими круга хозяев: защищаясь от одной болезни или вредителя, ГМО стимулирует появление новых вредителей и болезней.

Если в отношении аграрного производства проблемы ГМО решаются и, на наш взгляд, достаточно успешно, то вопрос предотвращения возможных негативных последствий для природного биоразнообразия остаётся открытым. Исследования и превентивные меры здесь пока недостаточны, хотя риск при расширении использования ГМ-культур для природной флоры, а, возможно, и фауны, очевиден: распространение чужеродных генов в природных популяциях диких сородичей ГМ-растений и др. Последствия распространения ГМО для природного биоразнообразия экологами и генетиками, к сожалению, не «просчитаны» и не оценены (Тишков, 2004, 2005а).

Ещё в период реализации «Сталинского плана» преобразования природы в конце 1940-х гг. и в начале 1950-х гг. на широких просторах Русской равнины формировались лесополосы и лесопосадки дуба и других лесных культур на основе семенного материала, поступившего из разных регионов и представляющих генетически разные «географические расы» древесных пород. Негативный эффект от такого генетического загрязнения вполне очевиден: например, ослабление устойчивости местных дубов к дубовой листовёртке, возвратам холодов весной и др.

7. Выделение антропоцена с позиций актуальной биогеографии

Описанные выше проблемы свидетельствуют о старте нового массового вымирания видов. Только за последние 500 лет активной хозяйственной деятельности человека вымерло не менее 80 видов млекопитающих. А за всю предыдущую историю средняя скорость их вымирания составила менее двух видов на миллион лет, что выделяет антропоцен и по этим важным с биогеографических позиций параметрам. При этом современные виды, имеющие статус редких, вымрут в ближайшие столетия по причинам сокращения среды обитания, агрессивности инвазивных видов, болезней, изменения климата и синергизма действия этих факторов.

Критическое сокращение области распространения многих видов растений и животных, превращение ареалов сплошного распространения видов в очаговое (например, дрофы, выхухоли, леопарда, и пр.), «сжатие» ареала (например, у соболя, тигра, некоторых осетровых рыб) отличает антропоцен от голоцена, когда на протяжении более 10 тысячелетий происходило расселение видов и становление

их климатически, исторически и ценогеномически обусловленных ареалов. Выявляемые в последнее время климатогенные пульсации границ ареала некоторых видов животных также связано с антропогенной трансформацией природных местообитаний. Например, продвижение на север и на юг границы распространения бореальных видов (бурый медведь, рысь) связано с процессами «возвращения» (восстановления) лесной растительности в полосах относительного безлесья.

Но есть и многочисленные примеры обратного, когда происходит антропогенное расширение ареалов некоторых видов растений и животных, причём не только в случае с преднамеренной (например, восстановление ареала овцебыка) и непреднамеренной интродукцией, расселением чужеродных видов и пр. Наиболее ярко это проявляется в отношении адвентивной флоры, синантропной фауны, а также формирования нового ареала у интродуцированных видов (в Северной Евразии — ондатра, енотовидная собака, американская норка и др.), продвижения на север некоторых видов карповых рыб и др.

Новые биогеографические рубежи антропоцена Северной Евразии сформировались по мере сгущения границ ареалов видов растений и животных, меняющих коренным образом своё распространение: 1) широтное, например, по линии лесостепи и вторичных хвойно-широколиственных лесов в Восточной Европе, 2) меридиональное, возможно по восточному пределу распространения западноевропейских видов млекопитающих, птиц, рыб, растений — в связи с разными сроками фронтальной трансформации лесных местообитаний, по Уралу — за счёт возникновения антропогенных рубежей и трансформации местообитаний

бореальных видов с европейским и сибирским генезисом, по Енисею, по предгорьям крупных горных стран (Кавказ, Алтай и Саяны).

8. Новые «характерное время» и «характерное пространство» в биогеографии

В начале статьи мы писали о таких явлениях новой эпохи, как «сближение характерных времён» событий и явлений и «сжатие пространства» Земли, на котором проявляются исходные (природные) черты биоты. Речь идёт о том, что синергизм, каскадный и кумулятивный эффекты, происходящие в результате сравнительно быстрых изменений климата и широкой хозяйственной деятельности человека, способны менять такие базовые параметры биоты, как её собственное (характерное) пространство и время. В системе географических наук именно биогеография, выявляющая закономерности размещения целостных биологических структур — видов организмов и их сочетаний — в абиотических координатах пространства с континуумом границ, сочетает в себе всю пространственно-временную специфику и биологии, и географии.

В ней мало сквозных идей, но множество фактов, которые для снижения неопределённости должны быть организованы с помощью пространственно-временной иерархической системы внутри науки. Ранее В.А. Шупер (2010) обратил внимание на полезность восприятия географией некоторых методологических обретений биологии в отношении «характерного пространства». К этому следует добавить и возможности расширение методологии биогеографии за счёт развития новых направлений науки, например использования современной и древней ДНК для оценки разнообразия и особенностей

распространения животных (Холодова, 2006) и геногеографии, возникшей, так же как и биогеография, на стыке биологии и географии. Она существенно расширила базу внедрения в географию категории «характерное время» (временные оценки филогенеза систематических групп растений и животных, темпы освоения отдельными видами территорий и акваторий), а также его сопоставимость с протяжённостью пространства при расширении ареала и при миграциях растений, грибов, животных, в том числе человека. Недаром картографический анализ распространения генетических маркеров человека (гаплогрупп) в населении крупных регионов и детальное изучение конкретных популяций, проведение экспедиций, генотипирование различными маркерами (мтДНК, Y-хромосома) проводятся не только биологами, но и географами, например в рамках проекта Географического общества США. К этому следует добавить широкое использование в геногеографии географической терминологии — «генетический ландшафт», «географический процесс», «генетическая карта», «карта геномов», «географическая изменчивость» и т. д.

В биогеографии «узкое» понимание категории времени сводилось и сводится к внедрению (обоснованию) историзма, включению в методологию науки представлений о генезисе флор и фаун, в лучшем случае — эволюционных преобразований биоты (эволюционная география и палеобиогеография) и истории становления современной биоты и её миграций в процессе последних геологических, климатических и даже антропогенных перестроек Земли (историческая биогеография). В методологии последней ключевая роль принадлежит современному филогенезу, который проходит на фоне антропогенной трансформации

сукцессионных систем, редукции терминальных стадий развития зональной биоты, изменения «характерного времени» ключевых процессов её самоорганизации (первичных и вторичных сукцессий, их стадий), микро- и макроэволюционных изменений (например, видообразование, внутривидовая дифференциация с образованием новых подвидов, форм, рас, экотипов и пр.). Часто это происходит, как показано выше, на фоне «экотонизации» и «островизации» природных ландшафтов, что приводит к антропогенной изоляции популяций растений и животных. К.К. Марков, вводя в 1938 г. понятие метахронности в географии (Марков, 1986), представлял, что наступление и чередование фаз и стадий развития ландшафтов происходит несинхронно, а сами они — функция конкретных условий вместе с их пространственной характеристикой («характерным пространством»).

Вводя обязательную для анализа временную ось, биогеография становится «заложницей» правила, по которому каждый хроносрез в прошлом, настоящем и будущем — это новые геологические и климатические условия, в которых пространственные перестройки также осуществляются по законам эволюции. Преимущества получают состояния ландшафта (его фаций) с более эффективным (с меньшими потерями) биологическим круговоротом и регуляцией энергетических потоков. «Вытеснение» менее эффективных ландшафтов осуществляется через изменения экологических ниш биоты и разрушение исходной (исторически обусловленной) сопряжённости слагающих её видов растений и животных. По сравнению с голоценом в антропоцене наблюдаются изменения временных и пространственных параметров «биогеографической картины мира»: для процессов и

явлений — «сжатие времени», ускорение процессов внутривидовой дифференциации, филогенеза на фоне замедления и блокирования сукцессий в староосвоенных регионах, а для пространственных категорий — «сжатие пространства» (например, для существования природных экосистем, местообитаний редких популяций), фрагментация и «островизация» покрова, ареалов, местообитаний, сужение симперат.

Аналогичным образом в прошлом происходили смены геологических эпох при «биогеографических кризисах», связанных с геологическими и климатическими катаклизмами. Дестабилизация происходила благодаря возникновению несоответствия «нормы реакции» организмов современной среде и «каскадному эффекту» изменений связей между видами, их взаимодействия со средой и с биотическими потоками межэкосистемного обмена. В итоге открывались возможности для изменения границ ареалов, вымирания видов на отдельных территориях, формирования новых композиций пионерных и производных стадий сукцессии, инвазий чужеродных видов. Крупное изменение во времени по оси лимитирующих факторов (например, по температурному тренду) вызывают трансформацию многих экологических ниш и нарушают сложившуюся картину распространения организмов. Этот главный биогеографический эффект климатических изменений (а в ряде случаев и антропогенной трансформации среды) может быть выражен и в изменении рубежей и параметров «характерного пространства» объектов и явлений, меняющихся по оси времени.

Что брать за основу синтеза явлений биогеографии антропоцена? Каков собственно объект актуальной биогеографии XXI в.? Что это — *современное состояние*

биоты с текущими параметрами «характерного пространства» и «характерного времени» или же «восстановленный покров» и его биоразнообразие с прошлыми ареалами, границами и симператами? В последнем случае вся биогеография должна формироваться вокруг неких условных пространственных и временных моделей (карт, схем связей, постулированных закономерностей, классификаций, наборов временных шкал, описаний и пр.) «прошлых состояний», не всегда информационно достаточных и верных (Тишков, 2012, 2013). Единой для большинства схем современного биогеографического синтеза была и остаётся приуроченность крупных биотических общностей (царств, доминионов, областей) к границам современных материков и рубежам, возникшим в результате продолжительного периода флоро-, фауно- и биотогенеза в пределах праматериков, прежде всего Гондваны. Они представляют собой территории с высоким рангом эндемизма биоты (на уровне класса, отряда, реже — семейства растений и животных).

Географическая изоляция макроуровня (океаны, моря) усиливала дифференциацию биотических объединений на высшем уровне. Но уже на следующем уровне дифференциации, например, в рамках биотического, флористического и фаунистического районирования, дифференцирующими становятся физические факторы, определяющие пространственные границы провинций и районов, в первую очередь геологическое строение, макрорельеф и климат, причём не только на суше, но и в океане (Кафанов, 2005; Петров, 2006). Обособление самых низших единиц биогеографического синтеза контролируется актуальным ландшафтным разнообразием, служащим основой для распределения современного биоразно-

образия в условиях текущего климата и сложившихся поверхностях Земли. При этом «биотический потенциал ландшафта» (исходное разнообразие экологических ниш и широта «ординационного поля» в координатах физических факторов) также может быть трансформирован антропогенным влиянием и новыми «быстрыми» климатическими изменениями.

Поэтому вслед за А.И. Кафановым (2005) можно заключить, что «с увеличением пространственно-временной шкалы увеличивается роль исторического при объяснении распространения биоты» (с. 131), но нижние уровни пространственного распределения находятся полностью во власти актуального климата и антропогенного фактора. Это позволяет в рамках биогеографии как науки географического цикла выделять для антропоцена актуальную биогеографию — географию современного биоразнообразия на всех уровнях его проявления (Тишков, 2012, 2015а), т. е. биогеографию антропоцена.

Дискуссия, развёрнутая ещё десять лет назад на страницах «Журнала общей биологии» о предмете биогеографии (Кафанов, 2005, 2006 и др.), во многом повторяет рассматриваемые вопросы, но в контексте биологической и экологической терминологии. Примечательно, что на призыв Б.М. Миркина (2005) не искать универсальные биогеографические законы, а анализировать каждый феномен индивидуально, А.И. Кафанов (2006) призывает учитывать масштаб конкретной биогеографической задачи: выявление пространственных закономерностей, районирование, определение «мишени» инвазий, площадей и периодов проявления новой феноменологии. В зависимости от масштаба времени и пространства будет работать та или иная методология. Так, современная динамика биоты (деся-

тилетия) на локальном уровне (масштаб до нескольких десятков кв. км), считает автор, «никаких биогеографических выделов» нам не даст.

Именно на этом примере «биоцентрического взгляда» мы хотели бы обратить внимание на то, что вся классическая биогеография начинается как раз с того масштаба, который даёт пространственный анализ «кружева ареала», обусловленного ландшафтной пространственной неоднородностью ($10-10^2$ кв. км) и внутривековой климатической циклической. В этом масштабе проявляется рефугиальность, реликтовость и «неореликтовость» биоты, колебания биогеографических рубежей во времени и пространстве, собственно неустойчивость протяжённости и положения симперат и пр. Климат, неотектоника, изменения рельефа, деятельность человека в данном случае выступают не как меняющийся фон, а скорее как сигнал для смены состояний — климатогенных и антропогенных вариантов флористических и фаунистических комплексов, новых антропогенных субклимаксов и климаксов зональной растительности.

В биогеографическом синтезе категории «вчера», «сейчас» и «завтра» касаются отдельных видов и популяций, их комплексов, местообитаний, качеств самоорганизации. Время воспринимается здесь как канва событий (состояний) или цепь изменений объектов, субъектов и объединяющих их процессов: например, цепь характерных времен трансформации углерода от времени разложения опада и подстилки (месяцы, годы) до циклов гумусообразования и накопления гумуса в иллювиальном и метаморфическом горизонте почв (от нескольких тысяч до 10 тыс. лет и более) (Глазовская, 2009). Причём каждый из них имеет «характерное время» и «характерное пространство»

выявления (реализации) этих изменений. Образное выражение «*время есть тень пространства*» добавляет историзма в географические исследования, но уводит их от главной миссии — от актуализации и прогноза состояний меняющегося мира и его пространственных составляющих. Пространство в биогеографии выступает ареной любых временных преобразований, причём континуальность самого пространства и его элементов вполне соотносится и с континуальностью временных перестроек.

9. Заключение

Живая природа (биота) меняется, поэтому логично уточнение методологических основ её изучения в рамках биогеографии и сохранения, в т. ч. уточнение статуса и параметров «характерного» времени и пространства.

Необходимость внедрения понятия «антропоцен» в актуальную биогеографию очевидна. Оно позволяет сформулировать и актуализировать ответ на существенный вопрос: какое надо сохранять биоразнообразие? С нашей точки зрения в этом случае следует говорить об «*антропоценовом*» биоразнообразии (Тишков, 2015а,б).

Вся классическая биогеография начинается с локального масштаба, который представляет пространственный анализ актуального «кружева ареалов». Ранее оно было обусловлено ландшафтной неоднородностью, вековой и внутривековой циклической его состояний во времени. Сейчас, в условиях антропоцена, практически все параметры биоразнообразия — состав, структура флористических и фаунистических комплексов, динамика численности отдельных популяций, распространение видов — обусловлены антропогенными

воздействиями. В этом масштабе проявляется рефугиальность, реликтовость и «неореликтовость» биоты, колебания позиций биогеографических рубежей во времени и пространстве, неустойчивость вектора и положения симперат и пр. — всё, из чего и «вырастает» актуальная биогеография.

Один из главных выводов и практических результатов актуализации биогеографии связан с возможным их использованием в сохранении биоразнообразия и в оптимизации территориальной охраны природы в целом. Не секрет, что рекомендуемые нормы площадей особо охраняемых природных территорий (площади отдельных заповедников и национальных парков, доля от площади регионов) берутся часто «с потолка», а критерии оценки успешности сохранения популяции редкого вида в лучшем случае касаются локального уровня. Понятно, что ложное представление о состоянии популяций того или иного вида, которое дают карты его «сплошного» распространения — например, в Красной книге Российской Федерации (см. современные ареалы редких хищных птиц и млекопитающих) — не способствует планированию мероприятий по его территориальной охране. Выявляемое «кружево ареала» редких видов поможет при внедрении концепции «характерного пространства» более адресно решать вопросы сохранения биоразнообразия и строить экологическую сеть особо охраняемых территорий таким образом, чтобы охватывать режимом охраны (или щадящего природопользования) участки характерных местообитаний, учитывая все особенности пространственно-временной организации биоразнообразия и условий его существования, которые привносит новая эпоха — антропоцен.

Благодарности

Статья подготовлена в рамках проекта по гранту РГО-РФФИ № 13-05-41392 «Пространственные перестройки биоразнообразия под влиянием «быстрых» изменений климата и социально-экономических условий в староосвоенных регионах Европейской части России» и проекта «Экологический каркас Российской Федерации» программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН (2014–2016).

Литература

- Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. 1986. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. Москва: Наука. 297 с.
- Белоновская Е.А., Кренке А.Н.-мл., Тишков А.А., Царевская Н.Г. 2014. Природная и антропогенная фрагментация растительного покрова Валдайского поозерья. — Известия РАН. Серия географическая, 5: 67–82.
- Верещагин Н.К. 2002. От ондатры до мамонта. Путь зоолога. Санкт-Петербург: Астерион. 336 с.
- Вернадский В.И. 1994. Живое вещество и биосфера. Москва: Наука. С. 315–401.
- Витязева В.А. 1950. Об основных вопросах географической науки. — Вестник Академии наук СССР. 2с. <http://www.ras.ru/FStorage/download.aspx?id=b6d36438-4d2a-4545-8227-7afc71e84441>.
- Геттнер А. 1925. Сущность и методы географии. — Вопросы страноведения. Москва–Ленинград. С. 33–85.
- Глазовская М.А. 2009. Педолитогенез и континентальные циклы углерода. Москва: Книжный дом «Либроком». 336 с.
- Голубчик М.М., Евдокимов С.П., Максимов Г.Н. 1998. История географии. Смоленск: Изд-во Смоленского госуд. универ. 224 с.
- Исаков Ю.А., Казанская Н.С., Тишков А.А. 1986. Зональные закономерности динамики экосистем. Москва: Наука. 148 с.
- Исаченко А.Г. 1971. О единстве географии. — Известия Всероссийск. географического общества, 103 (3): 289–310.
- Исаченко А.Г. 2014. Учение о ландшафте, его интерпретационный и методологический потенциал. — Вопросы географии, 138: 26–35.
- Кафанов А.И. 2005. Историко-методологические аспекты общей и морской биогеографии. Владивосток: Изд-во Дальневосточного универ. 208 с.
- Кафанов А.И. 2006. Континуальность и дискретность живого покрова: проблема масштаба. — Журнал общей биологии, 67 (4): 311–313.
- Кириков С.В. 1959. Изменения животного мира в природных зонах СССР (XIII–XIX вв.): Степная зона и лесостепь. Москва: Изд-во АН СССР. 175 с.
- Кириков С.В. 1960. Изменения животного мира в природных зонах СССР (XIII–XIX вв.): Лесная зона и лесотундра. Москва: Изд-во АН СССР. 157 с.
- Кириков С.В. 1966. Промысловые животные, природная среда и человек. Москва: Наука. 348 с.
- Кириков С.В. 1979. Человек и природа восточно-европейской лесостепи в X – начале XIX в. Москва: Наука. 183 с.
- Кириков С.В. 1983. Человек и природа степной зоны, конец X – середина XIX в.: Европейская часть СССР. Москва: Наука. 128 с.
- Климанов В.А., Кожаринов А.В., Тишков А.А. 2010. Палеогеоэкологические реконструкции динамики растительности и климата Валдайского поозерья в позднеледниковье в голоцене. — Труды национального парка «Валдайский» (Санкт-Петербург), 1: 254–261.
- Котляков В.М., Тишков А.А. 2008. Векторы прошлого и современного развития академической географии. К 90-летию Института географии РАН. — Вестник Российской академии наук, 9: 810–820.
- Котляков В.М., Тишков А.А. 2009. Стратегия устойчивого развития России в начале 21 века: инновационные векторы и место географического прогноза. — Инновации, 9: 74–81.
- Линдберг Г.У. 1974. Современные организмы как источник информации о закономерностях развития Земли и ее биосферы.

- ры в недавнем прошлом (перспективы развития гипотезы о крупных колебаниях уровня океана). — Проблемы долгосрочного планирования биологических исследований. Том 1. Зоология. Ленинград: Наука. С. 52–70.
- Марков К.К. 1986. Проблемы общей физической географии и геоморфологии. Избранные труды. Москва: Наука. 288 с.
- Миркин Б.М. 2005. Проблема соотношения непрерывности и дискретности и современная экология. — Журнал общей биологии, 66 (1): 522–526.
- Мордкович В.Г. 2005. Основы биогеографии. Москва: Т-во науч. изд. КМК. 236 с.
- Петров К.М. 2006. Биогеография. Москва: Академический проект. 400 с.
- Разумовский С.М. 1981. Закономерности динамики биогеоценозов. Москва: Наука. 231 с.
- Соболев Н.А. 1992. Концепция биологического разнообразия в приложении к развитию сети природных резерватов Подмосковья. — Чтения памяти профессора В.В. Станчинского. Смоленск. С. 19–21.
- Соболев Н.А. 2015. Экологический каркас России. Индикативная схема. Москва: Инст. географии РАН, РГО. 16 с.
- Тишков А.А. 1993. Современные проблемы биогеографии: Конспект лекций. Москва: Российский открытый университет. 60 с.
- Тишков А.А. 1994. Оптимизация агроландшафта Валдая. Структура сельскохозяйственных угодий. — Известия Российской академии наук. Серия географическая, 3: 74–84.
- Тишков А.А. 1998. Смена парадигм в биогеографии. — Известия Российской академии наук. Серия географическая, 5: 83–94.
- Тишков А.А. 2003. Пожары в степях и саваннах. — Вопросы степеведения, 4: 9–22.
- Тишков А.А. 2004. Эколого-географическая оценка последствий вступления России во Всемирную Торговую Организацию (ВТО). — Известия Российской академии наук. Серия географическая, 4: 7–18.
- Тишков А.А. 2005а. Биосферные функции природных экосистем России. Москва: Наука. 309 с.
- Тишков А.А. 2005б. Теория и практика сохранения биоразнообразия (к методологии охраны живой природы в России). — Бюллетень: Использование и охрана природных ресурсов в России, 85 (1): 77–97.
- Тишков А.А. 2010. Биосферные функции и экосистемные услуги ландшафтов степной зоны России. — Аридные экосистемы, 10 (1): 5–15.
- Тишков А.А. 2011. Биогеографические последствия природных и антропогенных изменений климата. — Успехи современной биологии, 131 (4): 356–366.
- Тишков А.А. 2012а. Актуальная биогеография как методологическая основа сохранения биоразнообразия. — Вопросы географии, 134: 15–57.
- Тишков А.А. 2012б. Сукцессии растительности зональных экосистем: сравнительно-географический анализ, значение для сохранения и восстановления биоразнообразия. — Известия Самарского научного центра РАН, 14 (1/5): 1387–1391.
- Тишков А.А. 2015а. Биогеография антропоцена Северной Евразии. — Известия Российской академии наук. Серия географическая, 6: 5–15.
- Тишков А.А. 2015б. Как и какое сохранять биоразнообразие лесов Европейской России? Реплика сторонника актуальной биогеографии. — Лесоведение, 5: 379–387.
- Тишков А.А., Масляков В.Ю., Царевская Н.Г. 1995. Антропогенная трансформация биоразнообразия в процессе непреднамеренной интродукции организмов (биогеографические последствия). — Известия Российской академии наук. Серия географическая, 4: 74–85.
- Тишков А.А., Мурзаева В.Э. 2008. Пространство, время и люди — главные герои жизни Э.М. Мурзаева. — Известия Российской академии наук. Серия географическая, 2: 132–137.
- Флеров К.К. 1955. История фауны млекопитающих в четвертичном периоде. Москва: Изд-во Московск. госуд. универ. 350 с.
- Флинт В.Е. 2002. Сохранение редких видов в России (теория и практика). — Сохранение и восстановление биоразнообразия. Москва: Проект ГЭФ «Сохранение биоразнообразия». С. 11–108.

- Холодова М.В. 2006. Использование современной и древней ДНК для изучения динамики экосистем. — Динамика современных экосистем в Голоцене. Материалы конференции. Москва: Т-во науч. изд. КМК. С. 261–266.
- Шупер В.А. 2014. Характерное пространство в теоретической географии. — Известия Российской академии наук. Серия географическая, 4: 5–15.
- Anthony D.W., Brown D. 2000. Eneolithic horse exploitation in the Eurasian steppes: diet, ritual and riding. — *Antiquity*, 74: 75–86.
- Cox C.B., Moore P.D. 1993. *Biogeography an ecological and evolutionary approach*. 5th ed. Oxford: Blackwell. 326 p.
- Crutzen P.J., Stoermer E. F. 2000. The Anthropocene. — *Global Change Newsletter*, 41: 17–18.
- Eckart E. 2010. The anthropocene — new chance for geography? — *Die Erde*, 141 (4): 164–183.
- Editorials. 2011. The human epoch. Official recognition for the Anthropocene would focus minds on the challenges to come. — *Nature*, 473: 254.
- Groombridge B., Jenkins M.D. (eds). 2000. *Global biodiversity. Earth's living resources in the 21st century*. Cambridge: World Conservation Monitoring Center. 247 p.
- MacArthur R.H., Wilson E.O. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton (NY): Princeton Univ. Press. 203 p.
- Schickhoff U., Blumler M.A., Millington A. 2014. Biogeography in the early twenty-first century: a science with increasing significance for Earth's changes and challenges. — *Geographia Polonica*, 87 (2): 221–240.
- Steffen W., Grinevald J., Crutzen P., McNeill J. 2011. The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. — *Philosophical Transactions of the Royal Society, Ser. A*, 369: 842–867.