



УДК 574:591.9

Ландшафтная, экологическая и факторная зоогеография (методы, подходы, реализация)

РАВКИН
Юрий Соломонович

*Институт систематики и экологии животных СО РАН,
zm@eco.nsc.ru*

Ключевые слова:

зоогеография ландшафтная
факторная
экологическая

Аннотация:

Рассмотрены реализация и развитие идей А. П. Кузякина в области ландшафтной зоогеографии. Показано, что методы сбора и обработки данных претерпели за 50 лет существенные изменения в сторону увеличения надёжности и разрешающей способности собираемой информации, а также глубины её анализа. Рекомендации А. П. Кузякина по оптимизации объёма трудозатрат на проведение исследований с необходимой и достаточной точностью оказали положительное влияние на ход решения поставленных задач. По сравнению с перспективами намеченного А. П. Кузякиным направления, отмечены большая детализация и упорядочение сбора данных, повышенное внимание к аналитической части исследований, в частности использование современных методов обработки и визуализации результатов, а также к их теоретическому осмыслению.

© 2012 Петрозаводский государственный университет

Получена: 12 декабря 2012 года

Опубликована: 28 февраля 2013 года

Памяти Александра Петровича Кузякина

В 2012 г. исполнилось 50 лет со дня выхода в свет книги Александра Петровича Кузякина «Зоогеография СССР» (1962). Недавно, подводя итоги работы лаборатории зоологического мониторинга ИСиЭЖ СО РАН, я с благодарностью назвал его имя в числе своих учителей (Равкин, 2012; Ravkin, 2012). Фактически А. П. Кузякину принадлежит формулировка направления наших исследований и задач, которые мы решали и решаем до сих пор. Недавно я перечитал его упомянутую выше основную зоогеографическую публикацию (Кузякин, 1962) и мне показалось интересным сопоставить предположенный автором ход развития ландшафтной зоогеографии с его реализацией, а также различия в наших представлениях.

Раздел монографии «От автора» Александр Петрович начинает с утверждения о необходимости в пособии для учителей специального рассмотрения всей территории СССР, а не только Голарктической области, как это сделано Н. А. Бобринским и Н. А. Гладковым (1961). А. П. Кузякин отличался искренним патриотизмом, даже в науке. Мы же нередко и теперь стыдливо прячемся за ущербное понятие «Северная Евразия» или не менее «патриотично» ограничиваемся территорией России, хотя логичнее было бы поступать подобно, скажем, Б. К. Штегману (1938) и Б. А. Кузнецову (1950), рассматривавшим зоогеографические закономерности в пределах более естественных границ, чем государственные. А. П. Кузякин, проявляя свойственный ему полемический темперамент, пишет о неприемлемости смешения географических и зоологических принципов в описании, хотя «смежность» зоогеографии часто делает это неизбежным, а разная полнота изложения связана с различиями в возможностях описания.



С наступающим Новым!

Дорогие читатели, авторы, рецензенты!

Редакция журнала «Принципы экологии» поздравляет всех с Новым годом! Пусть в нем будет много нового!

Не дожидаясь наступления 2013 года, редакция решила ввести некоторые новшества уже сейчас.

Изменяется принцип нумерации страниц: все отдельные выпуски журнала становятся частями одного годового тома со сквозной нумерацией страниц. Это значит, к сожалению, что в библиографических описаниях статей 2-го и 3-го выпусков поменяются номера страниц. Нововведение связано с решением выпускать отдельные бумажные копии каждого годового тома небольшим тиражом для библиотек. Одновременно с этим будут улучшены pdf-файлы с отображением текста.

Четвертый, декабрьский, выпуск до наступления 2013 г. не удалось сформировать в полном объеме. Часть запланированных статей не смогла преодолеть все этапы подготовки в необходимые сроки. Электронный журнал не связан физическим регламентом, требующим одновременной публикации всех статей, поэтому, имея негативный опыт с задержкой третьего номера, мы решили выпустить четвертый номер в неполном виде, зато в срок. В течение января оставшиеся статьи займут свои места в журнале. По причине отсутствия нескольких статей нумерация страниц четвертого выпуска временно отменяется.

Появилась новая рубрика – «Мнения». Вообще говоря, назначение рубрики в нашем журнале – не столько классификация статей по жанру, сколько организация структурированной среды (электронных форм) для ввода текста самими авторами. Однако новая рубрика в большей мере ориентирована именно на тематику публикаций. В ней планируется помещать статьи, выражающие размышления известных ученых о судьбах экологической науки. В отличие от материалов рубрики «Оригинальные исследования», эти тексты имеют черты яркой публицистики. Название рубрики напоминает «Особое мнение», однако не означает, что редакция не разделяет точки зрения своих авторов. Напротив, на наш взгляд, именно такие статьи, сочетающие элементы науки и публицистики, позволяют проводить в жизнь принцип «со-чувствия» С. В. Мейена. В этой связи следует сказать несколько слов о статье проф. Ю. С. Равкина, посвященной обсуждению исследований видного советского зоолога и зоогеографа А. П. Кузякина (1915–1988). Мнения рецензентов оказались неоднородными, включая отрицательные отзывы на самый факт подобной публикации: «Раз автор не может ответить, зачем же обсуждать его идеи?». Такая позиция, конечно, имеет право на существование. Но если через многие годы после публикации высказывания автора вновь вызывают стремление их обсудить, то тем самым доказываются их важность, а вовсе не уязвимость авторской позиции. Цитирование спустя десятилетия – это признак классицизма, а не обструкции. Критика Ч. Дарвина длится более 150 лет – и практически всегда на пользу эволюционизму. Как нам кажется, практика обсуждения научных произведений служит развитию науки. Другое дело – тональность обсуждения, однако в этом плане ни у кого нет претензий к автору статьи. По мнению ряда рецензентов, этот материал позволяет дать дальнейшее развитие идеям А. П. Кузякина, заслоненным временем и новшествами компьютерного анализа. Статья чл.-корр. Э. В. Ивантера, помещенная под этой же рубрикой, диаметрально противоположна по направленности: это критика научных стереотипов, сформированных на базе важных достижений экологии, но искусственно омертвляемых и фетишизируемых.

Следующее из новшеств состоит в предложении к читателям создать (написать) коллективную монографию в виде четвертого (или пятого) выпуска нашего журнала. Если проект окажется удачным, можно будет найти и средства на бумажную публикацию монографии. Для формата журнала важно,

чтобы структура книги была модульной, т. е. слагалась из серии блоков (глав – статей). В отличие от «тематического сборника», в монографии главы будут написаны по стереотипному плану, придающему целому идейное единство. Поскольку инициатива наказуема, ее авторы обязуются предложить тему, примерное содержание, общий план отдельной главы и, возможно, взять на себя общую редакцию. Первое предложение по теме такое: «Экологический метод: мечение с повторным отловом». Конкретика будет обозначена в следующем номере.

И последнее. По инициативе нескольких организаций (например, SAS Institute) наступающий 2013 г. объявлен Международным годом статистики (<http://www.statistics2013.org/>). Цель акции – повышение осведомленности общества о роли статистики в современном мире и развитие креативности в области теории вероятности и статистики (<http://youtu.be/nTBZuQR7dRc>). К проекту подключились десятки стран и сотни учреждений, в том числе наш журнал. Эту акцию можно рассматривать как прямую рекламу продуктов SAS, а можно воспринять как повод для расширения практики использования методов статистической обработки данных в области экологии. Тем более, что продуктам SAS есть замечательная альтернатива – R.

С поздравлениями и

с неизменным пожеланием сотрудничества,

редакция электронного журнала «Принципы экологии»

Александр Петрович считал также недопустимым относить переходные зоны (лесостепье и полупустыни) в качестве подзон к основным «типичным» зонам (к степной и пустынной). Наверное, это не столь принципиально, т. к. сам подход к рассмотрению конкретных фаун и животного населения по ландшафтным зонам и подзонам, выделенным по растительности, есть приём анализа изменений по заданным градиентам среды. Он вполне правомерен и оправдан, но не избавляет от необходимости выявления собственного, имманентного, градиента фаунистических или населенческих изменений по различным группам животных и сопоставления выявленных различий с градиентами климата, растительности и т. д., оценки степени их корреляции или причинно-следственных связей. А. П. Кузякин так же, как и ряд его предшественников и многие современные исследователи, считал, что границы зон, подзон, ландшафтов и т. д. едины для всей биоты и составляющих её блоков, в то время как это утверждение требует предварительного исследования и оценки степени совпадения их границ (Равкин, 1991).

В том же разделе автор сетует, что у предшественников и в программе курса зоогеографии для пединститутов слабо показаны аспекты приложения результатов зоогеографических работ и не отражены способы воздействия на вредоносные виды, а также методы учёта животных. С этими упреками можно согласиться, если рассматривать курс не как учебно-фактологическое изложение общих представлений, а как наставление для будущих исследователей. А. П. Кузякин рассматривал свой труд именно так и рассчитывал на школьных учителей и преподавателей других учебных заведений, а также на студентов как на потенциальных участников сбора материалов. К сожалению, надежды автора на широкое распространение изложенной системы ценностей не оправдались; как и прежде, зоогеографические материалы собирают в основном профессиональные зоологи.

Здесь же и далее во введении А. П. Кузякин разъясняет различие понятий зоогеографии и геозоологии, объединяя их в географию животных, правда, только суши. При этом он, ссылаясь на представления Л. С. Берга (1947), к геозоологии относит изучение географического распространения зоологических «предметов и явлений», а к зоогеографии – рассмотрение закономерных группировок этих вещей на поверхности Земли (Кузякин, 1962, с. 4). Географию Л. С. Берг называл учением о географических ландшафтах. Ландшафтом он считал совокупность или группировку «предметов или явлений, в которой особенности рельефа, климата, вод, почвенного и растительного покрова и животного мира, а также, до известной степени, деятельности человека сливаются в единое гармоническое целое, типически повторяющееся на протяжении данной зоны Земли» (Кузякин, 1962, с. 26). Из этого определения следует, что «предметы и явления» входят в ландшафт и, соответственно, их тоже изучают в рамках географии. Кроме того, целостность и гармоничность почти всегда принимали (в части животного населения) как априорную данность и почти никогда не исследовали специально. А. П. Кузякин в личной беседе со мной говорил со свойственной ему уверенностью, что все границы зон, подзон и ландшафтов «обязательны» для животного населения, а если они не совпадают, то такие ландшафтные границы надо пересматривать. Однако эти представления существенно идеализированы, поскольку все границы в значительной мере условны, как правило, размыты и не совпадают один к одному по разным блокам, составляющим ландшафты, особенно по населению отдельных групп животных, которые всегда в той или иной мере подвижны и нередко реагируют на стык разных ценозов увеличением обилия или постепенностью изменений.

А. П. Кузякин ввёл диагностическое (распознавательное) определение ландшафта, которое формально распространено только на зональные ландшафты. Поэтому неясно, как быть с аazonальными и интразональными ландшафтами. Автор настоящей публикации, как и А. П. Кузякин, относит их к зональным же, но, в отличие от своего предшественника, считает, что у этих ландшафтов собственная зональность, не обязательно совпадающая с изменением растительности плакоров. А. П. Кузякин относил их к зонам, в которых они находятся. Вообще, навязывание чему-либо границ, проведённых по признакам, не свойственным объекту изучения (животному населению – по растительности или ландшафтам), методологически некорректно и оправданно в двух случаях: 1) для проведения условных границ наименьшей единицы рассмотрения (при сборе) и 2) при заданном градиенте рассмотрения, например по подзонам, зонам, высотным поясам. Тогда степень совпадения границ не обсуждают и рассматривают лишь тренды – направленные изменения по заданным исследователем градиентам. В принципе, они могут отчасти совпадать с естественными (имманентными) изменениями сообществ, но это необходимо доказывать либо принимать в качестве исходного допущения, не забывая о его гипотетичности.

А. П. Кузякин считал, что зоогеография должна изучать животное население ландшафтных зон, районов и ландшафтов, а геозоология – распространение (ареалы) отдельных видов, систематических

групп и фаунистических комплексов. Теоретически такое разделение возможно, но фактически из него не ясно: куда, скажем, относить изучение распределения отдельных составляющих население видов и ареалов с их внутренней дифференциацией. Так, зоогеограф, изучая население птиц, оценивает обилие всех или части встреченных видов, собирает данные, пригодные для анализа в рамках обоих направлений, так же как и геозоолог, проводя учёты для выявления распределения птиц внутри ареала, собирает материал, пригодный для изучения населения, по крайней мере для уточнения обилия отдельных видов. О взаимной пригодности таких данных с некоторыми оговорками пишет и А. П. Кузякин.

Нам кажется, что в данном примере оба исследователя работают в рамках географии животных, но из-за специфики поставленных задач и систем ценностей могут быть устремлены в область или зоологии, или географии (Равкин, Лукьянова, 1976; Равкин, Ливанов, 2008). В первом случае они дополняют совокупность зоологических знаний о надорганизменных системах (их систематических и морфологических, экологических и биологических особенностей) информацией о распространении и обилии животных, а также о факторах, определяющих эти характеристики. Во втором случае дополняют географические знания о ландшафтах – той же информацией, включая закономерности пространственных изменений животного населения (любого объёма – от одного вида до совокупности всех животных). К зоогеографическим или эколого-географическим и, соответственно, географическим могут быть отнесены все исследования территориальной неоднородности зоологических объектов и явлений, а также их соотношений и функциональных особенностей, если эти работы выполнены или их результаты использованы при изучении ландшафтной сферы Земли. В случае если они выполнены, использованы или направлены для формирования иных представлений, они должны быть отнесены к геоэкологическим или геоэкологическим исследованиям и, соответственно, к зоологии или экологии. Основное различие заключено в системе ценностей исследователя, в его стремлении вширь (зоогеограф) или вглубь (зоолог, эколог).

Это хорошо может быть показано на примере эволюции исследовательских интересов О. В. Бурского (Бурский и др., 1978; Бурский, 2007). Сначала он вместе с коллегами изучал население птиц приенисейской тайги на разрезе от южных тундр до подтаёжных лесов. Позднее стал проводить стационарные экологические исследования и с методики маршрутных учётов перешёл на площадочные. Круг интересов был сужен до видов певчих птиц в гнездовой период (только воробьиные, без врановых, ласточек и клестов), т. е. только тех, кого можно считать на площадках по песням самцов. Вместо разреза он более 25 лет работал на одних и тех же площадках лишь в некоторых местообитаниях и фактически сосредоточил своё внимание на отдельных видах (в анализе пока не более десяти), но зато со значительной детализацией и сбором данных в многолетнем аспекте. Сотрудники нашей лаборатории за тот же период провели однолетние учёты птиц, повторяя их через каждые две недели в течение 3.5 месяцев и зимой, попутно учитывали земноводных, пресмыкающихся и мелких млекопитающих на трёх разрезах – от арктических тундр до степей Казахстана на Западно-Сибирской равнине и в четырёх провинциях Алтая от предгорий до высокогорий (всё в ранге ландшафтного урочища во всех местообитаниях, включая водно-околоводные и антропогенные сообщества). Конечно, специалистов было задействовано значительно больше, но дело именно в цели, в устремлённости, а не в объёме данных.

В задачи зоогеографии А. П. Кузякин включал «изучение количественного состава животного населения, выявление состава фоновых (ландшафтных) видов животных в разных зонах, районах и ландшафтах; изучение связей и взаимоотношений фоновых животных как между собой, так и с другими элементами географической среды, влияния животных на ландшафт в особенности; изучение изменений животного населения во времени» (Кузякин, 1962, с. 5). Первые две задачи чисто инвентаризационные, т. е. сводятся к сбору материала. Это, конечно, необходимый этап исследования, но не совсем понятно, почему задан единственный ранг (ландшафт в пределах зоны и района), в то время как работы можно проводить и в частях ландшафтов (местность, урочище¹, фация и даже внутри последней). Видимо, автор стремился как можно больше упростить задачу, а также методики, чтобы эти работы могли быть выполнены школьниками, школьными учителями, студентами и преподавателями. Но такое огрубление по территории не соответствует изучению связей и взаимоотношений животных как между собой, так и с географической средой, о которых А. П. Кузякин пишет в том же предложении. Теоретическая цель, намеченная учёным, сведена к выявлению закономерностей распределения животных, что приводит к перекрытию с геоэкологической проблематикой. Правильнее, наверное, было бы считать целью выявление закономерностей пространственной изменчивости животного населения и её причин или корреляций с факторами, определяющими эту неоднородность. Влияние животных на

ландшафт, о котором пишет А. П. Кузякин, как мне кажется, – задача биоценотическая (синэкологическая), а изучение развития сообществ во времени входит в зоогеографию лишь в части временных изменений пространственной изменчивости населения. Что касается практических целей, то в настоящее время в их список включили оценку предполагаемого или нанесённого биосферного и хозяйственного ущерба животному миру от реализации крупных хозяйственных проектов. Александр Петрович писал об использовании собранных и иных данных при эксплуатации зоогенных ресурсов и минимизации вреда, наносимого животными.

¹ Следует отметить, что представление А. П. Кузякина о ландшафте примерно совпадает с объёмом понятия урочища в нашем понимании.

Почти всё, что А. П. Кузякин относил к задачам географической зоологии, с моей точки зрения, может быть также отнесено и к проблемам зоогеографии. Весь вопрос в том, для каких целей эти исследования выполнены. В очерке, посвящённом вкладу в зоогеографию Н. А. Северцова, А. П. Кузякин пишет, что Северцов проводил деление Европы преимущественно по растительности, т. е. биогеографически. Едва ли это можно считать биогеографическим подходом, для которого необходимо проанализировать неоднородность изменений растительности и животного мира или вместе, или порознь, и лишь убедившись в значительном совпадении неоднородности, проводить объединённое районирование или индизировать отличия животного населения по изменениям растительности. В. В. Докучаев (Кузякин, 1962) считал, что «результат (иначе функция) совокупностей деятельности... воды, воздуха, растительных и животных организмов и пр., не может не быть зональным». В определённых условиях это, конечно, бесспорно, но границы и число зон в представлениях разных исследователей могут не совпадать. По мнению А. П. Кузякина, декларации М. А. Мензбира, когда он писал лишь о **совпадении**, а не о причинных связях физико-географического и зоологического деления, с моей точки зрения, вполне обоснованны. Одно другому не противоречит, т. к. причина может быть одна и та же, а реакция за счёт различий в толерантности растений и разных групп животных может существенно различаться. Степень совпадения выделенных разными исследователями границ тоже может быть различной.

В разделе «Учение Л. С. Берга о ландшафтах» Александр Петрович пишет: «Задачей географа... является расшифровка содержания и взаимных связей в сложном комплексе, который называют ландшафтом». «Специальные науки изучают лишь отдельные звенья этого сложного клубка взаимоотношений, отдельные кирпичи этого здания, география же должна понять и объяснить структуру и механизм ландшафта в целом» (Кузякин, 1962, с. 27). Мне кажется, что это задача биоценологии (синэкологии).

Далее написано: «Каждый ландшафт имеет свои границы. А "география есть наука о том, чем и как заполнено пространство внутри естественных границ любого реального земного многообразия", каковым и является ландшафт (Берг, 1947)» (Кузякин, 1962, с. 29). Тут явное противоречие с прежним утверждением: то, чем заполнено пространство, входит в сферу изучения «систематических» наук (Там же, с. 4), а сложные комплексы этих блоков – географии. С моей точки зрения, в прерогативу географии входит только территориальная изменчивость ландшафтов и всех блоков, составляющих их, а также территориальная неоднородность особенностей структуры и функционирования ландшафтов (биогеоценозов). Она призвана изучать территориальную смену ландшафтов и составляющих их блоков, а также функционирования. А. П. Кузякин считал, что «проведение» естественных границ есть начало и конец каждой географической работы. Прежде всего, в таких сложных системах, как ландшафты, проведение «естественных» границ невозможно без формулировки предварительных концепций и системы допущений. Это, в свою очередь, делает проведённые границы «комплексными». Этот комплекс состоит из естественных (объективных, объектных) компонентов и субъектных (субъективных, идущих от исследователя).

Дальнейшие споры о большей или меньшей значимости зональных и провинциальных границ не могут быть решены ссылками на чьи-либо представления, поскольку мнение авторитетов доказательством служить не может. А. П. Кузякин предполагал, что геоботаническая карта по внешнему виду не будет отличаться от ландшафтной, однако «Ландшафтная карта СССР» (Ландшафтная..., 1987) существенно отличается, в основном за счёт доминирования при делении территории признаков рельефа и подстилающих пород по сравнению с растительностью. Остальной информации, о которой пишет А. П. Кузякин, в том числе о животном населении, эта карта не содержит.

Он считал, что без ландшафтной основы немыслима и ландшафтная зоогеография. Однако это возможно при упрощённой трактовке ландшафта как «пейзажа», с использованием такого ландшафтного разделения, как координатной, адресной сетки, для сравнения по зонально-провинциальным и поясным направлениям. При таком подходе главным признаком служит растительность в первую очередь, а также рельеф, увлажнение, водность, трофность экосистем и антропогенная их трансформация. При этих условиях ландшафтная зоогеография вполне может существовать, как в представлениях А. П. Кузякина, так и в факторной интерпретации (Равкин, Ливанов, 2008). Если две карты внешне неотличимы друг от друга, то это одна и та же карта, но с разным содержанием или с разными легендами. Карту можно считать «другой» лишь тогда, когда она отражает иные концепции и закономерности. Так, геоботаническая карта остаётся таковой, как бы ни дополняли информацию в её легенде, до той поры, пока она иллюстрирует закономерности в неоднородности растительного покрова. Карта животного населения будет таковой, если на ней отражены именно его закономерности, а не те, что свойственны растительности. Основа, конечно, может быть ландшафтной или даже административной, но на ней должен быть отражён характер территориальных изменений картографируемого объекта, например плотности, биомассы, видового богатства и т. п. Естественными Л. С. Берг (1947) считал «границы, положение которых определяется свойствами самих разграничиваемых объектов, а не искусственно навязанных им» (Кузякин, 1962, с. 29). Однако А. П. Кузякин и многие другие считали возможным навязывание границ, проведённых по растительности, животному населению на всех уровнях рассмотрения.

В разделе 4 А. П. Кузякин предложил в связи с отсутствием в то время ландшафтной основы для зоогеографических исследований упрощённую схему зонально-ландшафтного районирования СССР как адресную сетку для сбора и упорядочения данных о зоотах – животном населении ландшафтов – с последующим размещением собранной информации по ландшафтным районам (меридиональным отрезкам зон). В принципе, при умозрительном, пейзажном выделении ландшафтов, если учитывать непрофессионализм предполагаемых исполнителей в ландшафтоведении, такой подход вполне оправдан. Представление А. П. Кузякина о ландшафтах близко нашему о ландшафтном урочище, животное население которого принято за наименьшую единицу рассмотрения. Он считал ландшафт основной единицей ландшафтоведения. Далее план сбора и собранные данные мы дифференцировали по принадлежности к зоне, подзоне, ландшафту и ключевому участку как отражению индивидуальности ландшафта. Такое деление дифференцировано в большей степени, чем предлагал А. П. Кузякин, но, в общем, соответствует его идее. Это оправдало себя, так как, скажем, различия в населении птиц северной и средней тайги настолько существенны, что сообщества первой ближе к таковым предтундровых редколесий и образуют вместе с населением тундр северную надтиповую группировку (Равкин Е. С., Равкин Ю. С., 2005). Среднетаёжные орнитокомплексы ближе к южнотаёжным и отнесены к срединной группировке. Без подзональной дифференциации эта специфика не могла бы быть выявлена. Кроме того, население разных классов позвоночных подтаёжных лесов может быть ближе к южнотаёжным или лесостепным вариантам (Равкин и др., 2011; Ravkin et al., 2011). Однако предлагаемое А. П. Кузякиным упрощение нельзя считать ошибочным, т. к. любое разделение существенно зависит от сделанных допущений, и, по мнению Д. Харвея (1974) и Э. Неефа (1974), исследователь вправе выбрать уровень рассмотрения и начать его с любой части ландшафта или высших таксонов ландшафтной классификации. Список зональных типов растительности, составленный А. П. Кузякиным по Геоботанической карте СССР (1954), – великолепное подспорье для сборщиков данных по животному населению, не владеющих навыками специальных геоботанических и ландшафтных исследований.

Раздел 5 «Ландшафтная зоогеография и смежные с ней направления» А. П. Кузякин начинает с утверждения, что география животных должна быть ориентирована на обслуживание нужд народного хозяйства и здравоохранения. Это, видимо, проявление духа времени. Всё-таки главное предназначение любой науки заключено в познании, которое может и не иметь непосредственного применения. Призыв к игнорированию учёта и анализа распределения редких видов при изучении населения, неоднократно повторенный А. П. Кузякиным, себя не оправдал. Последние десятилетия именно им, исходя из природоохранных задач, предлагают уделять особое внимание как видам, которым грозит исчезновение. Да и вообще, без учётных работ отделить редких животных от фоновых трудно, а уж после учёта грех не накапливать и эту, уже собранную, информацию для дальнейшего использования. Тем более то, что сегодня встречаются редко, завтра может дать вспышку численности и принести ощутимый хозяйственный ущерб, или наоборот, фоновый вид может угаснуть из-за изменения условий среды обитания или в результате перепромысла. А. П. Кузякин и здесь стремился сократить количество

анализируемых данных и объём описания.

Он писал, что районирование не может быть зоогеографическим. Мне же кажется, что необходимо сначала доказать, что результаты частного районирования в той или иной мере совпадают и только тогда возможно индизирование одних блоков ландшафта по другим, если это «дешевле», чем непосредственный сбор информации. Утверждение А. П. Кузякина, что ландшафт – основная единица и основной объект изучения зоогеографии, видимо, случайная оговорка, т. к. зоогеограф изучает лишь часть ландшафта – его животное население, которое несводимо к фоновым видам и тем более к доминантам (лидерам), т. к. то, что сегодня второстепенно, завтра может лидировать. И вообще, «мерилом» населения в ряде задач служит его облик – состав и соотношение видов, отражённое матрицей коэффициентов сходства-различия, в которой содержится в сжатом (снятом) виде информация об итоговом (интегральном) влиянии факторов среды и внутринаселенческих отношений, определяющих изменчивость сообществ в пространстве. Вклад отдельных видов в значение коэффициента сходства зависит от их обилия, и исключение редких видов нефатально скажется на оценках общности. Видимо нельзя приравнять виды-эдификаторы растений и доминанты среди животных (правильнее, наверное, считать их лидерами – преобладающими по численности или биомассе). Эдификаторы – скажем, лесообразующие породы, определяют состав и обилие других подчинённых видов растений травяного покрова или кустарников, в то время как доминанты среди животных лишь преобладают по обилию или биомассе, связаны только общей территорией (биогеоценозом) и не определяют, как правило, численность других видов животных.

В разделе «Ландшафтная зоогеография и экология животных» можно согласиться с мнением А. П. Кузякина (1962, с. 55), что «выявление основного состава зооты» составляет лишь начальную фазу ландшафтной зоогеографии. Это только инвентаризационная часть её. Второй фазой он считал изучение экологии важнейших видов. С моей точки зрения, перекрывание задач экологии и зоогеографии и формирование самостоятельного в какой-то мере направления – экологической зоогеографии – может включать лишь изучение пространственной неоднородности в связях территориальной изменчивости животного населения и факторов среды или особенностей функционирования экосистем (биоценозов или биогеоценозов).

Направленное изменение животного населения в соответствии с потребностями человека вообще не может быть зоогеографической задачей, даже с оговоркой «на территориях географического масштаба», хотя зоогеографическая информация в этом случае может быть использована. Целесообразность и возможность реализации направленного изменения сообществ весьма сомнительны. Это, опять же, скорее всего, влияние духа времени.

Раздел 6 «Методы количественных учётов...», несомненно, содержит ряд ценных предложений, но с некоторыми из них можно согласиться только после тщательной проверки, в частности утверждение, что «результаты учётов в зоогеографии отражаются числом особей в баллах на 1 км²» (Кузякин, 1962, с. 56). Конечно, это написано в 1962 г., когда из вычислительной техники доступны были лишь арифмометры и бухгалтерские счёты, а исследователи больше доверяли умозрительным сравнениям без проведения трудоёмких расчётов. С появлением электронных вычислительных машин и пакетов статистических программ необходимость перехода на баллы в описании населения отпала, а различия в единицах пересчёта не играют роли, однако балльную шкалу А. П. Кузякина и поныне используют многие при описании распределения отдельных видов. Тем не менее в утверждениях А. П. Кузякина есть рациональное зерно. Ему удалось снять страх и предубеждение в использовании упрощённых методик, дающих примерные оценки обилия. В этом случае переход на баллы в значительной степени нивелирует годовые и сезонные различия, индивидуальные погрешности учётчиков с разной квалификацией и незначительные случайные различия. Правда, для расчётов в этом случае баллы необходимо всё равно переводить в численные показатели, например в показатели, равные середине градации соответствующего балла. Это имеет выравнивающее значение.

Идея А. П. Кузякина об оптимизации затрат на учёты в соответствии с необходимым и достаточным уровнем «точности» для решения поставленной задачи актуальна до сих пор. А. П. Кузякин неоднократно возвращался к попытке упрощения методик сбора и обработки, уменьшения объёмов сбора – так, чтобы сделать их доступными не только для профессионалов, но и любителей и за счёт этого увеличить число потенциальных сборщиков материала.

Использование вычислительной техники и приборов спутниковой навигации минимизирует затраты на измерение расстояния и обработку собранных данных, поэтому теперь можно не использовать часть предлагаемых А. П. Кузякиным приёмов, сокращающих время на проведение соответствующих замеров и расчётов. Так, при пересчёте обилия птиц по времени учётного хода,

потери, связанные с игнорированием различий в дальности обнаружения или скорости перемещения птиц и учётчиков, могут привести к существенным ошибкам не только в балльной оценке, но и в выделении доминантов. Желательность использования и разработки методов учёта как можно большего числа видов одновременно, указанная А. П. Кузякиным, сохраняет актуальность и в наши дни. Что касается учётов в негнездовое время, то за прошедшие годы эти трудности сняты благодаря использованию методики пересчёта по расстояниям до птиц в момент обнаружения (Науне, 1949; Равкин, 1967; Равкин, Челинцев, 1990).

По методам учёта мелких млекопитающих для «зоогеографических» целей за прошедшие 50 лет усовершенствований значительно меньше. Так, в заболоченных местообитаниях и на вечной мерзлоте стали использовать заборчики из полиэтиленовой плёнки, а вместо цилиндров – полиэтиленовые ёмкости из-под воды или конусы, которые удобнее перевозить, но их надо на четверть заливать формалином. В остальном всё осталось по-старому, разве что предложены примерные коэффициенты пересчёта результатов отлова на единицу площади (Равкин, Ливанов, 2008).

В разделе «Ближайшие задачи, перспективы и затруднения в развитии зоогеографии в СССР» А. П. Кузякин повторяет в общем ранее высказанные положения. Он сетует, что за 10 лет, прошедшие с его программного выступления в Киеве (Кузякин, 1950), надежды на быструю реализацию высказанных им идей не оправдались. Следует отметить, что не произошло этого и в последующие 50 лет. А. П. Кузякин пишет, что затруднения связаны с трудоёмкостью сбора материала, соответствующего задаче, с неразработанностью методов учёта, с неопределённостью понятия «ландшафт» и с силой традиции. Главные из этих причин – несомненно, трудоёмкость и сила традиции, включая образование. Проводить учёты в достаточном количестве – трудная и однообразная работа, а если для её выполнения требуется ещё и каждый год проводить исследования на новом месте или совершать многократные переезды в течение одного сезона, то трудоёмкость и нагрузка на исполнителей ещё больше возрастают. Плюс к этому увеличиваются финансовые расходы на транспорт. Работы усложняет ещё и отсутствие жилья и лабораторных помещений. В настоящее время затруднения, связанные с неопределённостью понятия «ландшафт», в значительной степени устранены путём использования упрощённых (пейзажных) представлений о нём. Для зоогеографов это фактически совокупность местообитаний животных со сходными характеристиками рельефа, увлажнения и ряда других условий. Разработаны менее трудоёмкие методы учёта животных, дающие достаточную для решения поставленных задач надёжность оценок. Споры о неточности используемых методов учёта в целом утихли и, хотя каждая сторона осталась при своём мнении, дискуссии прекратились, и теперь каждый может проводить учёты так, как считает нужным для решения поставленных задач. Заслугу А. П. Кузякина в этом плане трудно переоценить. Сложность заключена ещё и в том, что зоологи, которые «делают» зоогеографию, и даже дипломированные биогеографы продолжают мыслить видами, а не сообществами, а если и сообществами, то не с географической, а с экологической стороны. А. П. Кузякин тоже мыслил зоогеографию как изучение численности видов животных в рамках ландшафтов и ландшафтных районов. Так, в 1974 г. на орнитологической конференции, где автор данной публикации говорил об изменчивости состава и плотности населения птиц, А. П. Кузякин сказал: «Надо же умудриться – говорить о населении птиц 20 минут и не назвать ни одного вида!»

Эта традиционность формирования зоологического мышления и влияние профессионального окружения часто возвращают потенциальных зоогеографов на зоологические и экологические «круги своя». Кроме того, сказывается почти полное отсутствие зоогеографических «рабочих» мест. Это положение было, есть и будет препятствовать развитию зоогеографических идей и их реализации. Трудоёмкость зоогеографических исследований слабо компенсирует и накопление материала, т. е. ограничение размера журнальных публикаций препятствует помещению в них объёмных таблиц с результатами учётов, а сборники, в которых эти таблицы печатали, нынче не в моде, их не учитывают при подведении итогов, в отчётах и на конкурсах проектов. Частнособственнические, как говорили раньше, инстинкты препятствуют передаче разрозненных материалов в электронные банки данных коллективного пользования. Затруднения существуют не только в сборе, накоплении, хранении и обработке данных, хотя технологии этих процессов, в общем, отработаны. Трудности возникают и в написании и издании результатов зоогеографических исследований. Значительный объём, однообразие текста, справочный и констатационный характер его определяет непригодность подобных зоогеографических публикаций в качестве увлекательного и познавательного «чтива». Не способствует реализации намеченных планов отсутствие в сборе и подготовке к печати простого и понятного «неприкрытого» натурализма. Вместо него исследователь и читатель имеет абстракционизм и «лукавое мудрствование». Это приводит к тому, что в начале пути, по молодости, «зоогеографы» охотнее

собирают материал, чем обрабатывают его и тем более доводят до публикации. А. П. Кузякин не ставил задачи анализа собранных материалов до того, пока не будет «сделана» вся территория СССР. На первых порах это должно было бы способствовать сбору материала профессионалами и полупрофессионалами. Но такая постановка постоянно приводила и приводит к потере интереса к ландшафтной зоогеографии и затуханию такого рода работ. Правда, это свойственно и многим другим направлениям. Возврат на исходные позиции неизбежен и всё повторяется снова и сначала, не доходя до завершения хотя бы инвентаризационного этапа.

Итак, в чём же сходство и отличия в подходах к изучению животного населения в ландшафтной и факторной зоогеографии?

Ландшафтная зоогеография	Факторная зоогеография
<i>Основная цель</i>	
Выявление закономерностей распределения животных по ландшафтам и зонам, расшифровка исторических и современных условий, определяющих зональную (заданную) структуру животного населения	Выявление закономерностей пространственной неоднородности животного населения и факторов среды, их определяющих (выявление имманентной, а не заданной, структуры и организации населения)
<i>Особенности подхода</i>	
Хорологическая фактология	Типологическая фактология, анализ и отображение в факторном (виртуальном) пространстве
<i>Предметная область исследования: зоогеография как часть географии²</i>	
<i>Прикладное использование</i>	
Любое вторичное использование собранных материалов и результатов их анализа для решения возникающих практических задач ²	
<i>Методы сбора</i>	
Проведение количественных учётов животных на больших территориях ²	
<i>Особенности сбора</i>	
По принципу: считай везде, считай всегда, всё что можешь и сколько можешь, но лучше на границе зон, чтобы уменьшить транспортные расходы	Сбор должен быть нормированным во времени и пространстве, относиться ко всем подразделениям территории в определённом (выбранном) и одинаковом ранге и масштабе (принятой наименьшей единице рассмотрения) на разрезах в типичных местообитаниях срединной части подзон и провинций в пределах исследуемой территории по максимально возможному числу видов и групп животных
<i>Основные уровни рассмотрения</i>	
Зона, ландшафтный район, ландшафт	Зона (пояс), подзона (подпояс), провинция (ключевой участок), ландшафт Урочище

² Для обоих направлений.

Методы обработки в ландшафтной зоогеографии, рекомендованные А. П. Кузякиным, включают расчёты обилия по видам, желательно как можно более простыми способами, перевод их в баллы, занесение в таблицы по трём позициям адресной схемы (зона, ландшафт, ландшафт). Картографирование и районирование по таксонам жёстко заданных ландшафтных классификаций. Анализ и описание изменений только по заданным ландшафтным схемам и картам.

Наши подходы к обработке в факторной зоогеографии включают:

1. Расчёты обилия стандартным (принятым) методом на единицу площади, занесение показателей в базы данных, при разном объёме собранных материалов – усреднение по выделам карты-основы, использованной при сборе;

2. Расчёт суммарных показателей населения – плотности, видового богатства, биомассы, трансформируемой энергии, разнообразия, ярусного распределения, фаунистического состава по числу видов и особей;

3. Анализ изменчивости показателей, рассчитанных по заданным градиентам среды;

4. Кластерный и факторный анализ населения по выбранным коэффициентам сходства, составление классификаций населения и конкретных фаун, а также видов по сходству распространения. Выявление значимых факторов среды и внутринаселенческих отношений по этим классификациям и графам сходства (классификациям с учётом сверхпорогового межклассового сходства);

5. Использование шкалирования для проверки правильности ориентации графов и оценка корреляции выявленных факторов и изменчивости населения. Качественная факторная (регрессионная) оценка силы и общности связи изменчивости сообществ и структурообразующих факторов;

6. Картографирование на основе выполненных классификаций населения и видов. Типолого-хорологическое районирование на базе составленных типологических карт;

7. Монографическое описание собранных данных и его публикация с приведением исходных данных в качестве приложения, чтобы сделать возможной проверку полученных представлений другими, в том числе с использованием вновь разрабатываемых методов анализа;

8. Накопление данных для расширения охвата исследуемых территорий и выявления многолетней динамики населения.

Балльные оценки обилия используют только при описании распределения видов, а для описания населения служат суммарные и интегральные показатели. Последние характеризуют эмерджентные свойства сообществ, не сводимые к простой сумме его частей (коэффициенты сходства, разнообразия, выравненности).

Все показатели служат для выявления имманентных трендов – направленных изменений и факторов, их определяющих (структуры и организации населения).

Я отдаю себе отчёт в том, что вести полемику через 50 лет после выхода в свет работы и почти через 25 лет после того, как не стало её автора, не совсем корректно хотя бы потому, что он уже не может ответить и не имел времени для дальнейшего совершенствования своих представлений. Тем не менее я всё-таки решил написать эту статью, чтобы показать роль А. П. Кузякина в развитии зоогеографии. Поскольку его публикация (Кузякин, 1962) – уже библиографическая редкость, она выставлена на сайте www.eco.nsc.ru/zoomonit/zoomonit_r.htm, в разделе "Публикации, доступные в электронном виде", чтобы читатели могли сопоставить их с текстом настоящей статьи.

Заключение

Таким образом, реализация и развитие зоогеографических идей А. П. Кузякина в Западной Сибири шли в рамках так называемой факторной зоогеографии (Равкин, Ливанов, 2008). От его представлений это направление отличают строгое нормирование собираемого материала во времени и пространстве, относительно новые методы сбора, обработки данных и визуализации результатов. Главное отличие заключено в выявлении собственных (имманентных) трендов в животном населении, в то время как ранее было декларировано использование собираемых данных лишь в заданных границах ландшафтно-зональной схемы. Отработана технология выявления и оценки связи этих изменений с использованием в качестве объяснения отличий в среде и внутринаселенческих отношений. И вообще, усилена аналитическая направленность работ одновременно с накоплением данных, в отличие от ограничения только сбором на первом этапе, рекомендованном А. П. Кузякиным. Не использован ряд его предложений по упрощению методов учёта и обработки собираемых сведений из-за широкого внедрения персональных компьютеров и в связи с разработкой новых методических комплексов из ранее известных приёмов. Несомненная заслуга А. П. Кузякина связана с формированием новой системы ценностей в изучении географии животного населения, снятия страхов и запретов на применение менее «точных» методов учёта животных в соответствии с оптимизированным (необходимым и достаточным) уровнем разрешающей способности собираемых данных.

Итак, рассмотрены три методологически близкие направления в зоогеографии – ландшафтное, экологическое и факторное. Мое авторское представление о них сводится к следующему.

В ландшафтной зоогеографии провозглашено, что основная ее цель заключена в сборе количественной информации о животном населении на ландшафтной основе для изучения пространственной неоднородности ландшафтов. В рамках экологической географии, как мне представляется, изучают территориальную неоднородность функционирования ландшафтов как экосистем, а в зоогеографии только животного населения.

В факторной зоогеографии исследования ограничены выявлением пространственной изменчивости животного населения и его территориальной организации, т. е. факторов среды и их сочетаний (природно-антропогенных режимов), а также внутринаселенческих взаимоотношений, коррелирующих и по предметным соображениям определяющих эту неоднородность. Однако главным отличительным признаком последнего направления служит переход в анализе и отображении результатов из реального в факторное (виртуальное) пространство. При этом основной направленностью работ следует считать выявление собственной (имманентной) структуры территориальной изменчивости сообществ и выявление иерархии основных структурообразующих факторов. В действительности же факторная зоогеография сформирована как самостоятельное

направление за счёт сужения задач двух первых направлений, включает часть их сферы изучения. От ландшафтной зоогеографии используют основу при сборе данных в определённом таксономическом ранге – урочища, фации, ландшафта, подзоны (подпояса), зоны (пояса) и т. п. От экологического направления включено выявление связей с факторами среды. Механизмы организации, полный состав населения и доказательства причинных зависимостей в предметную область факторной зоогеографии не входят, хотя никаких запретов на расширение сферы изучения в ней, естественно, быть не может (см. рис.).



Рис. Взаимосвязь и специфика направлений в зоогеографии

Fig. Interconnection and specificity of the directions in zoogeography.

На рисунке: landscape zoogeography, factorial zoogeography, environmental zoogeography.

Однако фактически в рамках факторной зоогеографии, кроме инвентаризационного блока (нормированного сбора данных во времени и пространстве) на основе использования типологического подхода, предусмотрен анализ данных методами многомерной статистики, районирование и типологическое картографирование территориальной неоднородности животного населения, аппроксимации её факторами среды и прогнозирование как один из методов оценки надёжности и обоснованности представлений о территориальной изменчивости сообществ и временных изменений её в пространственном аспекте.

Характеристики населения включают ограниченный набор общенаселенческих параметров: плотности и видового богатства и фаунистического состава, а также производных от них показателей – лидирующего состава видов, разнообразия, биомассы, количества трансформируемой энергии, состава потребляемых кормов (в энергетическом эквиваленте), распределения животных по ярусам местообитаний. Изучение полного состава видов животных, их взаимоотношений и механизмов влияния на неоднородность сообществ, по крайней мере пока, в сферу реализации направления не входят из-за трудоёмкости этих работ и подчинённости реальных исследований основной задаче – выявлению территориальной изменчивости населения и её аппроксимации, т. е. примерного объяснения. Эти показатели рассматривают по заданным и выявленным значимым градиентам среды, а имманентную пространственно-типологическую структуру сообществ – по интегральной характеристике – облику населения, отражением которого служит матрица коэффициентов сходства-отличия.

Оказались предпочтительными расширение площади исследований, числа изучаемых групп животных и временных изменений в рассматриваемых показателях, изучение пространственных особенностей сообществ, а не экологической специфики составляющих их видов.

Библиография

- Берг Л. С. Географические зоны Советского Союза. М.: Географгиз, 1947. Т. 1. 397 с.
- Берг Л. С. Фации, географические аспекты и географические зоны // Изв. Всесоюз. геогр. о-ва. 1945. Т. 77. Вып. 3. С. 162–164.
- Бобринский Н. А., Гладков Н. А. География животных: курс зоогеографии. Изд. 2-е, перераб. М.: Учеб.-пед. изд-во М-ва просвещения РСФСР. 1961. 384 с.
- Бурский О. В. Структура населения и динамика популяций воробьиных птиц Центральной Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Ин-т проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН. М., 2007. 29 с.
- Бурский О. В., Вахрушев А. А., Шадрин В. И. К характеристике пространственных изменений населения птиц приенисейской тайги // Докл. 1-й конф. молодых учёных ЦНИЛОП МСХ СССР. С. 49–61. Деп. в ВИНТИ 15 мая 1978 г. № 1599–78.
- Геоботаническая карта СССР / под ред. Е. М. Лавренко и В. Б. Сочавы. М., 1954.
- Кузнецов Б. А. Очерк зоогеографического районирования СССР. М.: Изд-во Москов. о-ва испытателей природы, 1950. 179 с.
- Кузякин А. П. Зоогеография СССР // Уч. зап. Москов. обл. пед. ин-та им. Н. К. Крупской, 1962. Т. 59. С. 3–182. (Биогеография, вып. 1).
- Кузякин А. П. О характеристиках распространения наземных животных // Тез. II экол. конф. Киев, 1950. Ч. 2. С. 34–38.
- Ландшафтная карта СССР / гл. ред. И. С. Гудилин. М., 1987.
- Нееф Э. Теоретические основы ландшафтоведения. М.: Прогресс, 1974. 220 с.
- Равкин Е. С., Равкин Ю. С. Птицы равнин Северной Евразии: численность, распределение и пространственная организация сообществ. Новосибирск: Наука, 2005. 304 с.
- Равкин Е. С., Челинцев Н. Г. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учёту птиц. М.: ВНИИприрода, 1990. 33 с.
- Равкин Ю. С. К методике учёта птиц лесных ландшафтов // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск, 1967. С. 66–75.
- Равкин Ю. С. Пространственно-типологическая организация животного населения (подведение итогов) // Сиб. экол. журн. 2012. Т. 19. № 1. С. 3–25.
- Равкин Ю. С. Реализация и развитие зоогеографических представлений А.П.Кузякина в Западной Сибири // Систематика животных, практическая зоология и ландшафтная зоогеография (Чтения памяти А. П. Кузякина). М.: Наука, 1991. С. 47–58.
- Равкин Ю. С., Ливанов С. Г. Факторная зоогеография. Новосибирск: Наука, 2008. 205 с.
- Равкин Ю. С., Лукьянова И. В. География позвоночных южной тайги Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1976. 360 с.
- Равкин Ю. С., Седельников В. П., Сергеев М. Г., Титлянова А. А., Хмельёв В. А., Богомолова И. Н., Цыбулин С. М. Пространственно-типологическая дифференциация экосистем Западно-Сибирской равнины.

Сообщение V. Экосистемы суши // Сиб. экол. журн. 2011. Т. 18. № 6. С. 773–788.

Харвей Д. Научное объяснение в географии. М.: Прогресс, 1974. 503 с.

Штегман Б. К. Основы орнитогеографического деления Палеарктики // Фауна СССР. Птицы. М.; Л., 1938. Т. 1. Вып. 2. 156 с.

Hayne Don W. An examination of the strip census method for estimating animal populations // J. Wildlife Manag. 1949. Vol. 13. № 2. P. 145–147.

Ravkin Yu. S. Spatial-Typological Organization of Assemblages (Results and Conclusions) // Contemporary Problems of Ecology. 2012. Vol. 5. № 1. P. 1–16.

Ravkin Yu. S., Sedel'nikov V. P., Sergeev M. G., Titlyanova A. A., Khmelev V. A., Bogomolova I. N. and Tsybulin S. M. Spatial-Typological Differentiation of the West Siberian Plain. Communication V: Terrestrial Ecosystems // Contemporary Problems of Ecology. 2011. Vol. 4. № 6. P. 568–581.

Благодарности

Автор искренне признателен Д. И. Берману, Е. Н. Бочкарёвой, Л. Г. Вартапетову, В. В. Дубатолу, И. Ф. Жимулёву, В. А. Кузякину, П. А. Пантелееву, Е. С. Равкину, С. М. Цыбулину и В. А. Юдкину за плодотворное обсуждение статьи до её публикации, особенно О. В. Бурскому – за резкую, но полезную критику.

Landscape, ecological and factor zoogeography (methods, approaches, implementation)

RAVKIN
Yury

ISEA SB RAS, zm@eco.nsc.ru

Ключевые слова:

landscape zoogeography
factorial
environmental

Аннотация:

The realization and development of the ideas of A.P.Kuzyakin in the field of landscape zoogeography are considered. It was showed that the methods of collecting and processing results had been changed for recent 50 years significantly towards the rise of reliability and resolution of the collected information as well as the profoundness of its analysis. The recommendations of A.P.Kuzyakin dealing with the optimization of labor expenditures for investigations in accordance with with the necessary and sufficient precision influenced positively the process of the solution of the raised problem. Comparing with the prospects of the direction outlined by A.P.Kuzyakin, greater detailing and ordering were noted, the attention to the analytical part of an investigation increased significantly, particularly the use of up-to-date methods of processing and visualisation of results as well as their theoretical interpretation.