

Д 82
П 78

3

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ВОСТОЧНО-СИБИРСКИЙ ФИЛИАЛ

ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Ответственные редакторы кандидаты геогр. наук
В. В. Буфал, Н. П. Ладейщиков



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Новосибирск • 1979

шей частотой действия ограничивающих факторов (сокращением периодов между пульсациями).

Таким образом, есть основания полагать, что сформулированная гипотеза закона взаимной компенсации диаметрально противоположных составляющих изменчивости есть обобщение законов Либиха, Шелфорда и Вольтерра для экосистем стационарного типа, без выраженного эволюционного «тренда» во времени и может быть названа в случае ее экспериментального подтверждения законом динамики экосистем.

В результате изложенных соображений приходим к выводу, что далеко не всегда имеет смысл оправдывать применение сложного математического аппарата для изучения весьма сложных биологических и экологических систем. Как бы ни были многообразны связи между множеством входящих в систему компонентов и структурных элементов, факторов и видов, индицирующих их колебания, как бы ни осложняли эти взаимосвязи наложенные биологические взаимоотношения между организмами и видами, во всех случаях экосистемам присуще выполнение законов термодинамики. Именно поэтому в каждой экосистеме наблюдается взаимная компенсация факторальных составляющих фенотипической изменчивости признаков биоты как трансформатора потоков вещества и энергии. «Память» отдельных организмов о прошлых трансформациях, индицирующая их, далеко не во всех случаях легко «считывается». Деревья в этом смысле — очень информативный объект, дающий возможность проследить динамику экосистемы за большие промежутки времени.

В заключение отметим, что кажущейся простоте и даже наивности выводов логического анализа не должны противопоставляться результаты обширных исследований на больших выборках с применением многофакторного анализа и сложных математических аппаратов. Подходы эти не взаимоисключающие, а взаимодополняющие. Прежде чем исследовать массу факторов и признаков, важно систематизировать их в аспектах пространства и времени, исходности («извне» или «изнутри»), соподчинить их иерархически, проверить на стабильность или лабильность во времени и пространстве. Это может «отсеять» большую часть избыточной информации, затухающей самые простые закономерности динамики.

Вслед за Ю. Одумом (1975, с. 53) важно не забывать, что «отношения между растениями — продуцентами и животными — консументами, между хищником и жертвой, да и численность и видовой состав в каждом местобитании подчиняются тем же законам, которые правят и неживыми системами — скажем, электромоторами или автомобилями».

ВОЗМОЖНОСТИ КАРТОГРАФО-СТАТИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА В ОПТИМИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ОСНОВЫ ПРОГНОЗА ДИНАМИКИ ОЗЕРНЫХ ГЕО(ЭКО)СИСТЕМ

В настоящем разделе обсуждается один из возможных подходов к подготовке информации при решении задачи прогноза, в частности организация информации при анализе динамики природных процессов в озерных геоэкосистемах. Выбор озерной геоэкосистемы особенно перспективен, так как крупные котловины, заключающие в себе водное тело, являются удобными объектами для изучения всего комплекса основных природных процессов — от климатообразования до механического и органического осадконакопления. В них с достаточной полнотой отражена структура природных динамических систем, имеющих определенную степень обособленности (квазиавтономности) при сохранении прямых и обратных связей с окружающими пространствами (Меншуткин, 1967).

Следует заметить, что за последнее время вопросы подготовки информации при решении различных задач в сфере районирования, прогноза, моделирования природных объектов приобретают все большее зна-

чение. Приступая к разработке указанных задач, исследователь часто оказывается в противоречивой ситуации: с одной стороны, имеется избыток общей, разнородной информации (несогласующиеся временные ряды, отсутствие сопутствующих данных и т. п.) и, с другой, — недостаток необходимой информации. Так, например, при моделировании таких сложных объектов, как водные экосистемы, имеются чаще всего результирующие показатели — численность и биомасса видов, общее содержание биогенных элементов и т. д., но нет данных, характеризующих, в каких количествах они производятся и потребляются, участвуют в обмене или «выбывают» из него, уходя в осадконакопление. Следует также иметь в виду достаточную степень надежности и точности информации, ее репрезентативность и другие требования. Таким образом необходима организация рабочего объема информации на каждом из этапов исследования. Это осознается сейчас широкими кругами специалистов. На 1976—1990 гг. планируется создание единой общегосударственной автоматизированной системы сбора и обработки информации. Такая система нужна для стандартизации способов (методик) сбора, доставки, обработки и хранения информации (банки данных), унификации способов ее представления в научных статьях, отчетах и т. п., разработки специализированных языков для машинной обработки данных (Винберг, Меншуткин, 1974).

Поскольку системный подход все более широко признается необходимой основой прогноза, организация информации для него также должна быть системной.

Для изучения структурно-статических (морфологических), структурно-динамических, структурно-функциональных и функционально-динамических (генетических) (Топчиев, 1975) особенностей озерных геосистем, как и других природных комплексов, в целях моделирования и получения прогноза на первом этапе нужно накопление исходной пространственной информации (наблюдения сети станций, экспедиционных данных и т. п.) и упорядочение этого процесса. Одним из способов организации такой информативной основы является широко известный метод разделения исследуемой территории (акватории) на сеть квадратов, по каждому из которых накапливаются сведения о режиме, направлении и скорости протекания процессов. Указанный способ применен при изучении термического режима водной поверхности оз. Байкал (Форш, 1958). Эта схема деления в дальнейшем использовалась рядом авторов при исследовании гидрометеорологических условий и формирования теплового баланса в их пространственном изменении (Верболов и др., 1965), а также при изучении пространственного распределения скорости и направления ветра на Байкале (Кротова, Лут, 1966).

Преимущества применения такого способа для замкнутых в контуре акваторий — озер и водохранилищ — состоят в возможности упорядочения данных, их локальной привязки и удобства синхронного пространственного анализа (с учетом дифференциации местных условий по водоему).

Заметим, что возражения против применения метода квадратов¹, заключающиеся в том, что они якобы искусственно расчлениают природные территориальные комплексы (ПТК), на наш взгляд, несостоятельны. Использование этого приема вполне позволяет учесть контактные взаимосвязи и зависимости на всем протяжении (пространстве) геоэкосистем путем расчета соответствующих переходных характеристик между квадратами и их частями. Таким образом, от системы квадратов всегда можно перейти к исследованию природных явлений внутри реальных ПТК в их пространственном сочетании.

¹ Название «метод квадратов» укоренилось, хотя в случае выбора за основу деления территории (акватории) градусной сетки оно не совсем точно, так как фактически полученные территориальные ячейки являются не квадратами, а сферическими трапециями. Ячейки круглой формы приводят к меньшим ошибкам за форму осреднения, но они неудобны как накопители информации.

Кроме того, деление территории (акватории) на сеть квадратов является удобной основой для применения картографо-статистического метода², который, как показывают некоторые исследователи (Червяков и др., 1974), может быть успешно привлечен для решения задач прогноза. Нами этот метод применен при изучении в прогнозном аспекте термических взаимосвязей в системе вода — воздух в пределах аэролимнической зоны оз. Байкал (Ладейщикова, 1977). При расчете этих связей использована сеть квадратов Л. Ф. Форш (1957) и методика, предложенная В. А. Червяковым (1964) для вычисления коэффициента корреляции по картам статистических поверхностей, представленных в виде изолиний. В данном случае применение сетки квадратов Форш с заключенными в них исходными данными позволило перейти к определению тесноты связи между рассматриваемыми признаками без потери точности на промежуточных стадиях обработки, т. е. без неизбежной генерализации, которая проявляется как в процессе проведения изолиний, так и при снятии значений с готовой карты распределения анализируемых величин.

Достоинство картографо-статистического метода прежде всего в том, что он позволяет учесть и описать пространственную неоднородность, свойственную природным территориальным комплексам. Вместе с тем метод дает возможность картографически интерпретировать связи, существующие между ними и их компонентами, представить пространственную картину полей распределения различных статистических характеристик, относящихся к ПТК, полученных в результате корреляционного, регрессионно-дисперсионного и факторного анализов.

В итоге на основе применения картографо-статистического метода может быть построена группа карт, объединенных прогнозной направленностью: изотклонений, изокоррелят, полей плотности, полей динамики явлений и, наконец, собственно прогнозные карты. Описание методики построения и примеры анализа указанных карт можно найти в работах А. Робинсона и Р. Брайсона (Robinson, Bryson, 1957), А. М. Берлянта (1971), Е. Н. Ладейщиковой (1977) и др. Но специальное внимание разработке вопросов теории и практики использования таких карт уделено В. А. Червяковым (1964, 1968б, 1970, 1976).

Среди карт, способствующих составлению прогноза, выделяются карты изотклонений, которым свойственна обобщенная двойственность содержания, т. е. карта, построенная по отклонениям значений одного из признаков от линии регрессии, показывает собственные величины этих отклонений и в то же время характеризует тесноту связей между коррелируемыми признаками. Так, карта взаимосвязей температурных полей воды и воздуха в аэролимнической зоне, составленная с применением метода квадратов по отклонениям значений среднемесячной температуры воздуха в каждом квадрате от линии регрессии для августа, с достаточной точностью отобразила различия в тесноте связи между указанными признаками по климатическим округам и отдельным районам (Ладейщикова, 1977).

Аналогичные карты выполнялись и ранее при исследовании густоты речной сети (Каминская, Червяков, 1972), для изучения овражной эрозии (Червяков, Киселева, 1976) и т. д., но строились они не на основе сети квадратов, а по изолиниям, т. е. по генерализованной схеме, и не для четко выраженных в пространстве природных систем. Эти карты предназначались лишь для рассмотрения определенных корреляционных зависимостей, не связанных с системным подходом к изучаемым явлениям.

² Правомочность выделения картографо-статистического метода в качестве особого направления научных исследований на стыке картографии и математической статистики, а следовательно, и самостоятельность этого термина (его нельзя считать просто совокупностью приемов вычисления статистических характеристик по картам, входящих в картографический метод исследования) показаны В. А. Червяковым (1968а, б, 1971).

Применение метода квадратов в качестве площадной информационной основы непосредственно к изучению структурно-динамических особенностей замкнутых геоэкосистем методически открывает достаточно обоснованные перспективы построения модели и, следовательно, прогноза (географического по своей сущности).

Избранный подход к определению путей построения прогноза природных процессов озерных комплексов предполагает следующее.

Озеро рассматривается как единая геоэкосистема. Ее развитие представляется в виде закономерной стохастической смены состояний. Состояния всей системы складываются из состояний ее отдельных взаимосвязанных элементов. Их можно характеризовать такими полями распределения различных элементов системы, как поля течений, распределения фитопланктона, термические и др. В процессе эволюции системы под воздействием внутренних и внешних для системы факторов поля будут изменяться во времени и пространстве. Так, для фитопланктона как элемента системы на разных глубинах в различных районах озера могут быть описаны изменения суточные, декадные, месячные, по биологическим сезонам, годовые (отдельно каждый средний год, «урожайный» для разных видов, аномальные годы так называемого «переохлажденного водоема» и др.), различные ритмы, циклы, серии лет повышения и понижения, изменения, обусловленные колебаниями солнечной активности, вековыми и другими колебаниями, наконец, изменения в общем процессе развития озерной системы — например, смена видов в процессе эвтрофикации водоема, при изменении уровня, в ходе увеличения антропогенных воздействий на систему и т. д.

В целях упорядочения получаемой о системе информации используем деление акватории озера на квадраты. Поле можно представить в виде совокупности квадратов, в каждом из которых состояние системы определяется набором характеристик всех элементов системы. Этот набор может быть интерпретирован как вектор наблюдений в многомерном пространстве случайных значений признаков, описывающих состояние системы. Таким образом, каждое когда-либо измеренное значение любого признака определяется как N_{ijhl} , где $i = \overline{1, n}$ — номер признака; $j = \overline{1, r}$ — номер временного интервала, в котором находится измеренное значение; $k = \overline{1, m}$ — номер квадрата; $l = \overline{1, h}$ — номер глубины измерения признака, т. е. N_{ijhl} — значение i -го признака в j -м временном интервале из k -го квадрата на l -й глубине.

Накопив информацию по каждому из квадратов путем сбора данных на экспедиционных разрезах, судовых и стационарных наблюдений и т. д., следует организовать, оптимизировать ее внутри квадрата. Например, сочетая профессиональный анализ с применением известных методик (Айвазян и др., 1974), можно снизить размерность факторного пространства, а затем для каждого из отобранных наиболее информативных признаков построить карты полей его распределений на разных глубинах и по всем возможным временным грациям.

Заключительная стадия подготовки информации к прогнозу складывается из трех этапов. На первом из них, имея серию «пакетов» карт по каждому интересующему нас признаку (карты полей-состояний на разных глубинах), можем перейти к осредненным многолетним картам, построить карты отклонений отдельных лет от осредненных многолетних величин, выделить годы по отклонениям, определить периодичность этих лет и сопоставить их по разным признакам.

Затем следует определить тенденции развития по каждому из ведущих признаков, выполнив графики и карты тенденций развития, построить карты динамики развития и прогноза на желаемый (но не слишком отдаленный) период. Методика их построения предложена В. А. Червяковым и др. (1977).

В итоге первого этапа, когда необходимо определить общую тенденцию развития процесса, имеем начальный прогноз, основанный на экстраполяции данных. Этот прогноз получаем с помощью картографической модели.

На втором этапе от карт полей-состояний отдельных признаков, описывающих элементы системы, переходим к картам их взаимосвязей. Эти карты строятся на основе вычисления в каждом квадрате парных или множественных коэффициентов корреляции или же отклонений результирующего признака от линии регрессии. На основе анализа карт изокоррелят и изотклонений проводится районирование озера по отдельным признакам, затем по элементам, которые описывают эти признаки. Например, определяются границы подтипов лимноклимата (Ладейщиков, 1975), внутри которых, ориентируясь на закономерности проявления преобладающего типа процесса климатообразования, выделяются районы. Синтезируя карты, характеризующие элементы системы (компоненты и природные комплексы) в их взаимосвязи, получаем карту общего, физико-географического районирования. Границы выделенных физико-географических районов и их иерархических соподчинений могут быть подтверждены или уточнены путем привлечения методов многомерной статистики, таких как кластер-анализ, метод главных компонент (с использованием вспомогательных безразмерных признаков), факторный анализ. Основываясь на выявлении мер сходства между квадратами, можно получить однородные по свойствам группы — таксоны и одновременно отобрать наиболее существенные, информативные признаки, описывающие состояние элементов системы. Один из наиболее важных моментов здесь состоит в том, что попутно мы подходим к решению тесно связанной с прогнозом задачи разработки и организации мониторинга на крупных озерных водоемах. Определяя «центры тяжести» однородных групп вначале среди объектов (квадратов), а затем среди измеряемых на них признаков, можем указать местоположение станций и набор признаков, подлежащих наблюдению, причем сделать это в соответствии с таксономическим рангом района. Потребуется дополнительные исследования, чтобы выяснить, как часто и с какой точностью должны производиться наблюдения за разными признаками с тем, чтобы регулярно пополнять наши знания о системе репрезентативной информацией.

Результатом второго этапа является прогноз, основанный на знании пространственно-временных закономерностей проявления процессов, получаемый путем создания картографо-статистической реляционной модели.

Третий этап подготовки информации к прогнозу проходит на уровне математического моделирования, дающего возможность изучить сами процессы, происходящие в системе, и потому является наиболее «требовательным» к качеству используемой информации. Анализ этих требований применительно к построению математических моделей водных экосистем специально проведен Г. Г. Винбергом и В. В. Меншуткиным (1974). Поэтому укажем лишь, что итогом третьего этапа становится прогноз, базирующийся на знании процессов и выявленных с помощью картографо-статистического метода закономерностей их пространственного сочетания, получаемый на основе математической реляционной модели.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Природные условия и ресурсы Восточной Сибири.	
<i>Н. П. Ладейщиков</i>	5
Глава II. Задачи прогностических исследований в связи с экономическим развитием.	
Об основных проблемах прогноза гидроклиматических явлений	
<i>И. П. Дружинин</i>	14
К перспективам развития гидроэнергетики Восточной Сибири. <i>И. П. Дружинин</i>	16
Задачи климатических исследований в зоне Байкало-Амурской магистрали. <i>Н. П. Ладейщиков</i>	18
Глава III. Климатические явления и процессы.	
Сезонная динамика барических условий как основа прогноза температурного режима юга Восточной Сибири. <i>Т. В. Кокоева, Л. И. Лут.</i>	25
Сезонные колебания температуры воздуха на территории юга Сибири. <i>В. Н. Силукович</i>	30
Об аномальности средней месячной температуры воздуха в Восточной Сибири в теплое время года. <i>В. А. Гутник, Л. И. Зайцева</i>	36
К вопросу моделирования местных ветров и распространения атмосферных взвесей в котловинах крупных озер. <i>В. К. Аргучинцев, В. В. Влащенко, Л. М. Галкин, Н. П. Ладейщиков</i>	40
Связь циркуляции и прозрачности атмосферы в районе Северного Байкала. <i>Л. И. Лут, Г. П. Панова</i>	46
Об учете прозрачности атмосферы при прогнозировании температуры воздуха в котловине Байкала. <i>Т. В. Кокоева, Г. П. Панова</i>	52
О некоторых прогностических аспектах исследований биоклимата Прибайкалья. <i>К. Н. Мизандронцева</i>	56
Глава IV. Гидрологические процессы.	
Естественные составляющие стока рек бассейна Ангары. <i>Ю. Г. Степанов, В. Н. Федоров</i>	61
Изменчивость уровня озера Байкал. <i>В. Н. Федоров</i>	67
Короткопериодические колебания уровней озера Байкал. <i>Г. В. Ситникова</i>	69
Синоптическая изменчивость физических характеристик в открытом озере. <i>В. А. Кротова</i>	72
Методика расчета и распределение максимального стока бассейна р. Ангары. <i>В. Д. Лексакова</i>	77
Роль процессов конденсации при прогнозе условий формирования почвенно-грунтовых вод на западном побережье озера Байкал. <i>С. В. Диденко</i>	81
Глава V. Вопросы геолого-геодинамического и сейсмического прогноза.	
Проблемы прогноза землетрясений в Прибайкалье. <i>С. И. Голенецкий</i>	85
К прогнозированию экзогенных рельефообразующих процессов. <i>Б. П. Агафонов</i>	92
Изменение береговых процессов Северного Байкала в связи с новейшими движениями. <i>А. П. Мирошниченко, А. М. Сизиков</i>	100
Об изменении электрических свойств грунтов от мерзлотных условий изучаемых районов. <i>А. Д. Басов, Н. Г. Ольшевский</i>	103

Глава VI. Биологические процессы и антропогенные изменения водных экосистем.

Обоснование прогноза зообентоса крупных водохранилищ Восточной Сибири (на примере Братского водохранилища). <i>А. А. Томилов, Э. А. Ербаева</i>	108
Соотношение биомасс некоторых видов фитопланктона как показатель самоочищения р. Ангары. <i>А. А. Акимов, Г. И. Кобанова, О. М. Кожова, Н. А. Шастина</i>	114
Закономерности изменения численности эпишуры в озере Байкал, выявленные методом главных компонент. <i>Н. Г. Мельник</i>	118
Динамика численности и биомасса бактериопланктона как основа для прогноза микробного населения в крупных искусственных водоемах. <i>Л. М. Мамонтова</i>	123
Вопросы прогнозирования и основные принципы рационального использования байкальского омуля. <i>В. В. Смирнов, Н. С. Смирнова-Залуми</i>	138

Глава VII. Вопросы прогноза изменений ландшафтов.

Проблема прогнозирования в современном ландшафтоведении. <i>А. А. Крауклис</i>	144
Изменчивость радиального прироста древостоев как источник информации для прогнозирования динамики экосистем. <i>Ю. В. Полюшкин</i>	154
Возможности картографо-статистического метода в оптимизации информационной основы прогноза динамики озерных гео(эко)систем. <i>Е. Н. Ладейщикова</i>	167
Заключение	172
Литература	174

ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Ответственные редакторы *Витольд Витальевич Буфал,*
Николай Павлович Ладейщиков

Редактор издательства *Т. П. Гришина*
Художественный редактор *В. И. Желнин*
Художник *Н. А. Пискун*
Технический редактор *А. В. Семкова*
Корректоры *Э. Д. Сабитова, В. В. Борисова*

ИБ № 9739

Сдано в набор 8.02.78 г. Подписано к печати 1.12.78. МН-10321 Формат 70×108¹/₁₆. Бумага типографская № 2. Обыкновенная гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л., 16,1. + 1 вкл. Уч.-изд. л., 17,4. Тираж 1150 экз. Заказ № 38. Цена 2 р. 60 к.

Издательство «Наука», Сибирское отделение. 630099, Новосибирск, 99, Советская, 18.
4-я типография издательства «Наука». 630077, Новосибирск, 77, Станиславского, 25.