

## Проблемы геоинформационного моделирования экогеологических обстановок Западной Сибири на основе изучения палеоаналогов

Зольников И. Д., Гуськов И. Д., Дмитриев А. Н., Богуславский А. Е.,  
Баландис В. А.

ОИГГМ СО РАН, Россия, Новосибирск-90, пр. Академика Коптюга, 3.

E-mail: zol@uiggm.nsc.ru

Бурное развитие геоинформационных технологий на переломе XX–XXI веков сделало реальностью многомерный анализ пространственно привязанных данных. Сегодня аппаратно-вычислительные мощности и программно-алгоритмическая обеспеченность уже не являются ограничениями для разработки многопараметрических моделей, ориентированных на предсказание изменений природной среды и климата. На передний план начинают выдвигаться проблемы информационного обеспечения и содержательно концептуального обоснования таких моделей. Всё более остро осознаётся самими разработчиками недостаточность знаний, как о глобальной климатической системе Земли, так и о региональных климатических подсистемах. В большинстве исследовательских направлений приоритет ставится на изучение «поведенческих» закономерностей климатических параметров в историческом контексте периода инструментальных измерений [1]. Однако до сих пор всё ещё не складывается внутренне непротиворечивое целостное видение функциональных и структурных особенностей «климатической машины» нашей планеты. Вместе с тем, для специалистов в области наук о Земле, очевидно, что история общепланетарной климатической системы неразрывно связана как с эволюцией жизни, так и с развитием абиотической составляющей окружающей среды [2]. По существу «климатическая машина» является ни чем иным как естественно-природным механизмом «управления жизнью» на нашей планете, который сформировался и проэволюционировал в ходе геологической истории Земли.

Синтез современных и геоисторических данных о глобальных изменениях природной среды и климата позволяет более четко представить механизм «космофизического управления» морскими и наземными экосистемами ([1], [2], [3], [4], [5]). Прежде всего, обращает на себя внимание тот факт, что космофизические циклы с различной длительностью периода повторения контролируют поведение экосистем различного уровня иерархической организации. Так, климатические циклы длительностью несколько десятков тысяч лет обуславливают региональную миграцию, а порой и трансформацию ландшафтных зон (исчезновение тундры при глубоких длительных потеплениях, возникновение тундростепных ландшафтов или «перигляциальных степей» при резких глубоких похолоданиях и т.п.). Климатические циклы с более коротким периодом обуславливают экосистемную разную степень интенсивности перестройку внутри ландшафтных зон и подзон. Чем короче период цикла, тем ниже иерархический уровень организации экосистемы, которой он «управляет». Выявленные закономерности позволяют использовать палеоэкологические аналоги в том числе и как критерий оценки масштаба антропогенных влияний на обстановки природной среды. Отметим, что уже само использование термических максимумов межледниковий (в частности, позднеплейстоценовый и голоценовый оптимумы) в качестве аналоговых моделей для прогноза ближайших климатических изменений свидетельствует, что технопромышленная цивилизация уже достигла такого уровня влияния на глобальные и региональные системы жизнеобеспечения, который сопоставим с самыми длиннопериодными (ледниково-межледниковыми) палеоклиматическими циклами четвертичного времени. Таким образом, современный экологический кризис в регионе обладает большей глубиной по сравнению с экстремальными обстановками на палеоклиматических переломах четвертичной истории нашей планеты.

При оценке экогеологической критичности территорий существенную роль играет анализ триггерных ландшафтов – наиболее уязвимых компонентов региональных экосистем, особо остро реагирующих на глобальные внешние воздействия. Для разработки методик прогноза природных и техногенных катастроф в зонах триггерных ландшафтов необходимым условием является реконструкция естественной динамики природной среды регионов в историческом и геологическом прошлом. Изучение четвертичной истории регионов позволяет более адекватно оценивать причинно-следственные взаимосвязи между климатическими сигналами и реакцией региональных экосистем. Для анализа особенностей проявления экодинамики в четвертичной истории Западной Сибири нами создается и пополняется геоинформационная модель региона, включающая в себя каркасные и динамические параметры экогеологических обстановок (рис.1). На единую географическую основу выносятся данные о биотических и абиотических индикаторах типовых обстановок природной среды и климата. Анализ этих данных позволяет выявлять типовые ситуации, отражающие две разновидности состояний природной среды и климата в регионе: 1) относительно стабильные и 2) переходные, для которых характерны резкие кон-

трастные изменения экогеологических обстановок. Кроме того, собираются свидетельства опасных экзодинамических событий, запечатленных в геологической летописи, а также данные о современных опасных и катастрофических явлениях.

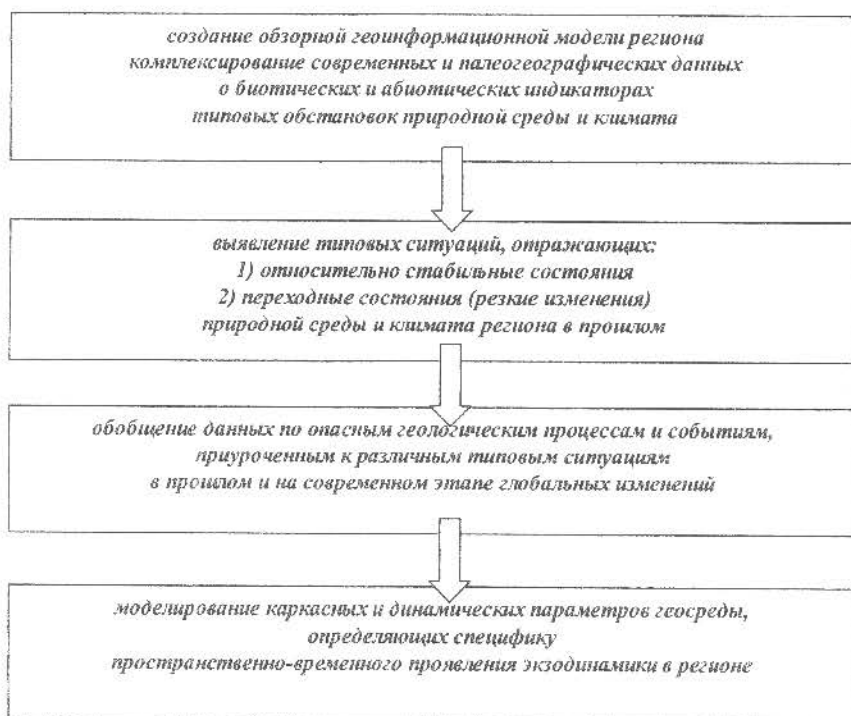


Рис. 1. Технологическая схема исследований.

Информационным ядром являются пространственно привязанные данные о биотических и абиотических индикаторах типовых обстановок природной среды и климата. Палеогеографические схемы опасных экзодинамических процессов необходимы для выявления участков повышенного экогеологического риска при повторной активизации экзодинамики в настоящем. Для создания таких схем необходимо геоинформационное комплексирование палеогеографических данных, отражающих резкие трансформации палеоландшафтов в плейстоцене и голоцене, с данными, которые отражают современные аномалии в экогеологических обстановках региона. Пространственно привязанная информация, обобщенная в электронно-цифровом виде, является основой для ретроспективно-прогнозного моделирования с использованием новейших компьютерных технологий. На основе этого банка геоданных разрабатывается методика регионального прогноза локализации антропоэкологических катастроф в контексте глобальных скоростных изменений природной среды и климата [6]. Таким образом, нами изучение экзодинамических событий четвертичного периода проводится для разработки методик прогноза природных и техногенных катастроф в зонах триггерных ландшафтов на основе изучения современных быстропротекающих трансформаций обстановок природной среды и их палеоаналогов.

Западная Сибирь является эталонным полигоном для таких методических разработок в силу специфики её географического положения и геоморфологических особенностей. Геолого-геоморфологический каркас региона определяется его субмеридиональными границами (Уральские горы на западе; Енисейский кряж и Восточно-Сибирское плоскогорье на востоке) и внутренними субширотными грядами (Васюганская гряда, Сибирские увалы). В целом же Западно-Сибирская низменность вытянута в субмеридиональном направлении и представляет собой чередование ландшафтных зон от степи до полярной арктической пустыни. Регион является «метеочувствительным». В четвертичное время биота реагировала здесь на климатические изменения субмеридиональными смещениями границ между ландшафтными зонами и подзонами. Именно на основе этой закономерности была в свое время разработана миграционно-климатическая концепция [7], которая является краеугольным камнем «палеоэкологической» биостратиграфии плейстоцена.

Нами предполагалось, что геоинформационное моделирование «климатический сигнал – реакция биотической и абиотической компонент региональной экосистемы» может быть реализовано в результате фиксации на ключевых хроностратиграфических срезах с известными палеоклиматическими параметрами – положения серии субширотных и субмеридиональных границ, определяющих динамику экогеологических обстановок в регионе. К таким границам относятся, например: границы ландшафтных подзон наземных экосистем, граница шельфовой мерзлоты, границы распространения континентальной мерзлоты и её внутренних выделов, обусловленных строением криолитозоны и в частности зональностью подземных льдов, граница распространения пылевых бурь, границы оледенений, грани-

цы береговой линии Карского моря, положение полярного фронта и др. Указанная постановка задачи обеспечила возможность сопряженного анализа многопараметрической пространственной информации, обобщенной по разным стратиграфическим интервалам, но на единую географическую основу [6]. В рамках данной задачи планировалось перейти от моделирования субмеридиональных и субширотных границ в системе координат: широта, долгота, геологическое время к системе координат: широта, долгота, климатические параметры. Однако, проанализированные типы реакции природной среды Западной Сибири на палеоклиматическую динамику показали, что в вертикальной (временной) развёртке целый ряд динамических параметров не аппроксимируется к плавным кривым, циклично повторяющимся согласно палеоклиматическим кривым плейстоцена [8]. Во многих случаях наблюдаются пороговые эффекты. Поэтому целый ряд моделируемых параметров ведёт себя «плавно-циклически» только в некоторых пределах изменчивости, после которых наступает качественная экосистемная трансформация, что можно отобразить «ступенчатым» поведением параметров. В результате при моделировании появляется необходимость в разработке ранговых шкал состояний наземных и морских экосистем региона. Причём, между этими состояниями существуют определённые условия перехода. Разработка именно ранговых шкал состояний является достаточно перспективной именно потому, что четвертичная изменчивость экогеологических обстановок в природных условиях имеет достаточно четко выраженные тренды и повторяемость.

Особый интерес представляют переходные экосистемные события для рубежей, отражающих переломы в палеоклиматических кривых плейстоцена [8]. Установлено, что к рубежам, отражающим переломы в палеоклиматических кривых плейстоцена, приурочены экзодинамические процессы катастрофического характера. Эти процессы обладают палеогеографической спецификой. В различных палеогеографических зонах выделены районы наиболее уязвимые для экзодинамических процессов. В зоне морских трансгрессий это территории, попадающие в сферу воздействия береговых процессов, отепляющего влияния морских вод. В палеокриолитозоне это участки потенциально способные к активизации процессов вытаявания подземных льдов и сопровождающих их процессов солифлюкции, термокарста, площадной и линейной эрозии. В перигляциальной и внеледниковой зонах наиболее уязвимыми являются участки потенциальной перфляционной переработки и довольно обширные территории, для которых существует повышенная опасность дефляции и эрозии, обусловленная аномальными климатическими ситуациями в регионе.

В публикациях, посвященных региональным прогнозам изменений природной среды ([2], [3], [4], [5]), одним из наиболее популярных сценариев на первую половину двадцать первого века является «казанцевское» межледниковье (100-130 тыс. лет назад), в рамках которого предсказывается существенное потепление и увлажнение климата с соответствующей реакцией биоты. При признании негативных последствий для северных тундровых экосистем, нередко звучат оптимистические высказывания о возможностях выращивания теплолюбивых агрокультур и о других положительных последствиях эффекта потепления климата для юга Сибири. Неизбежность экосистемного характера ландшафтных перестроек под воздействием глобальных воздействий, как правило, игнорируется. В этой связи следует отметить, что современное состояние природной среды региона обуславливается антропогенным воздействием, результаты которого имеют аналоги не только в эпохи потепления, но также в эпохи похолодания и аридизации климата. Это обусловлено экогеохимическими трансформациями ландшафтов: на юге - агропромышленного происхождения; на севере - за счет обширного загрязнения отходами нефтегазопромыслов. Региональный характер приобрело также снижение физико-механической устойчивости ландшафтов, т.е. повысилась денудационная уязвимость геолого-геоморфологического каркаса экосистем за счет значительной деградации растительного и почвенного покровов. В связи с этим, возникают мозаичные аномалии, характеризующиеся неоднородностью пространственно-временной динамики экзодинамических событий. Самые современные климатические и метеорологические данные свидетельствуют о неоднородном поле метеотемпературных аномалий [1]. В частности, неожиданностью для многих климатологов оказалось отсутствие ярко выраженного температурного градиента в аномалиях между высокими и средними широтами, хотя наиболее контрастные события экогеологического характера приурочены к приполярным областям («кухням погоды»). Полученные результаты позволили сделать **вывод о разнонаправленности естественно-природной и антропогенно-техногенной тенденций в современных скоростных изменениях природной среды и климата Западной Сибири.** [8]

Исходя из вышесказанного, становится очевидной неадекватность сведения проблем современных климатических изменений к вопросу об увеличении содержания в атмосфере парниковых газов, с дальнейшим перенесением политиками и бизнесменами приоритета в область международной торговли квотами на загрязнения. Климатическая машина Земли является неотъемлемой составляющей, как глобальной экосистемы, так и региональных экосистем. Но если это так, то, очевидно, что климатические параметры находятся в неразрывной связи с другими абиотическими составляющими общепланетарной экосистемы, разделяющейся в свою очередь на иерархическую последовательность подсистем

меньшего порядка. Именно такая точка зрения начинает доминировать сегодня в рамках геоэкологии, которая (согласно [9]) представляет собой «междисциплинарную науку, изучающую состав, структуру, закономерности функционирования и эволюции естественных (природных) и антропогенно преобразованных экосистем высоких уровней организации». В соответствии с этой точкой зрения развиваются представления об экологических (жизнеобеспечивающих) функциях литосферы: ресурсной, геофизической, геохимической, геодинамической. Климатическая проблематика имеет самое непосредственное отношение к каждой из вышеперечисленных функций.

В качестве примера, иллюстрирующего общеизвестную экосистемную закономерность, сформулированную в виде поговорки «в природе всё связано со всем», рассмотрим геодинамическую функцию. Геодинамическая экологическая функция геосреды обычно анализируется в аспекте опасных и катастрофических процессов, влияющих на биоту и в частности на человека вместе с его инфраструктурой – техногенными системами обеспечения. Рост природных, техногенных и природно-техногенных катастроф во второй половине двадцатого века привёл к тому, что ООН объявила период с 1990 по 2000 годы международным десятилетием по уменьшению опасности стихийных бедствий. В нашей стране с 1991 года ведётся программа «Безопасность населения и народнохозяйственных объектов с учётом риска возникновения природных и техногенных катастроф», результаты которой частично опубликованы в открытой печати [10]. Согласно, этим данным в мире за период 1965–1999 гг. из 6385 крупных катастроф, связанных с семью наиболее распространёнными природными опасностями, землетрясения составляют всего 13%, в то время как 75 % составляют метеокатастрофы: тайфуны и штормы (34%); наводнения (32%); засухи (9%). При этом в остаточную категорию «другие природные катастрофы (12%)», наряду с извержениями вулканов и оползней включены события, обусловленные с «экстремальными температурами» (заморозки, гололёды, суховеи). По данным МЧС России (там же – [10]) за период 1990–1999 гг. метеоявления также доминировали в причинах природных катастроф, получивших в России статус чрезвычайных ситуаций. Но самый показательный факт заключается в том, что 1998 год – самый «жаркий» [1] по среднегодовой температуре воздуха оказался самым аномальным и по количеству чрезвычайных ситуаций в России: 1997 год – 360 ЧС; 1998 год – 465 ЧС; 1999 год – 263 ЧС. Такая закономерность не может быть списана на случайность. И это не мог не отметить В. И. Осипов в обобщении [10]: «Среднегодичное количество катастроф в последнее десятилетие уходящего столетия достигло 288 в год, в то время как в предыдущее десятилетие оно составляло 110–130 катастроф – рост более, чем в два раза. Наиболее быстрое увеличение отмечалось в 1997–1998 гг., что связано с экстремальным подъёмом температуры воздуха в эти годы.»

Очевидно, что на климат оказывают влияние не только антропогенные парниковые газы [1]. Сведение лесов и опустынивание существенно меняет климатический режим целых регионов. Человечество вырабатывает энергии больше, чем планета тратит на землетрясения и эта энергия не может «проскользнуть мимо» процессов энергообмена внутри общепланетарной экосистемы. В радиодиапазоне Земля «светит» ярче Солнца. Искусственное электрическое поле Земли существенно трансформировало естественно-природные электропроцессы на нашей планете. Не удивительно, что именно мегаполисы и городские агломерации развитых стран, являясь главными источниками «климатического хаоса», всё больше и больше подвергаются ущербу со стороны метеокатастроф. При этом не следует забывать – **природные и антропогенные тенденции, как в глобальных, так и в региональных изменениях природной среды и климата разнонаправлены.** У природных экосистем не успели выработаться приспособительные реакции на антропогенез, достигший масштаба геологического фактора. Поэтому антропогенез является для глобальной и региональных экосистем не экологическим, а лимитирующим фактором, вернее всё увеличивающимся набором лимитирующих факторов. Известно, что любой вид реагирует на увеличение числа лимитирующих факторов уменьшением экологической ниши и сокращением ареала проживания. Однако, до сих пор нередко попытки свести проблемы скоростных изменений природной среды и климата к проблеме оптимизации торговли квотами на загрязнения. Хотя самым убедительным прибором, свидетельствующем о катастрофических метеореакциях на глобальный экологический кризис, является экран домашнего телевизора.

В соответствии с этими представлениями, при нарастании скоростей региональных трансформаций, особое значение имеют не столько среднегодовые параметры температуры и осадков, сколько само «критично-переходное» состояние природной среды в регионе, характеризующееся нарастанием амплитуды и длительности погодных аномалий, а также учащением «экстремальных» метеоявлений, что находит отражение в данных по глобальному мониторингу [1]. Именно это представляет и будет представлять наибольшую опасность для населения и народнохозяйственных объектов в регионе. По результатам наших исследований с большой долей вероятности следует ожидать расширения на севере Западной Сибири комплекса неустойчивых экогеологических обстановок, сопровождающихся экзодинамикой, неблагоприятной как для коренного населения, так и для нефтегазодобывающей инфраструктуры. Что касается южной половины региона, то она, являясь областью рискованного земледелия, будет всё больше попадать под усиление экстремальности климата. С учетом оценки современного антропо-

погенного вклада как интенсивно и глубоко влияющего на структурную перестройку наземных и морских экосистем региона, биота и человек вместе с системами его жизнеобеспечения попадают в катастрофически сужающуюся область пересечения разнонаправленных лимитирующих факторов. Вышесказанное ставит вопрос о смещении приоритетов в области прогнозного моделирования от выявления трендов и циклов климатической машины к попытке понимания закономерностей кризисного состояния региональных экосистем и конкретных форм проявления этого состояния в виде природно-техногенных катастроф. Исследования выполнены в рамках гранта РФФИ № 00-05-65445 при технологической поддержке Новосибирского регионального центра геоинформационных технологий СО РАН.

1. Состояние и комплексный мониторинг природной среды и климата. Пределы изменений / Отв. Ред. Ю.А.Израэль.- М.: Наука, 2001.- 242 с.

2. Глобальные изменения природной среды-2001 / Глав. Ред.: Н.Л.Добрецов, В.И.Коваленко. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2001. 373 с.

3. Архипов С.А., Волкова В.С., Зольников И.Д., Зыкина В.С., Круковер А.А., Кулькова И.А. Западная Сибирь // Изменение климата и ландшафтов за последние 65 миллионов лет (кайнозой: от палеоцена до голоцена), М., ГЕОС, 1999, С.84-109.

4. Природная среда и климат в прошлом, настоящем и будущем // Геология и геофизика, 1995, т.36, №8, 143 с.

5. Архипов С.А., Волкова В.С. Геологическая история, ландшафты и климаты плейстоцена Западной Сибири / Новосибирск: НИЦ ОИГТМ СО РАН, 1994. - 105 с.

6. Зольников И.Д., Гуськов С.А., Дмитриев А.Н., Богуславский А.Е., Баландис В.А. Геоинформационное обеспечение прогноза экодинамики Западной Сибири на основе палеоэкологических аналогов // Материалы Международной конференции «ГИС для устойчивого развития территорий», 30 июля - 1 августа 2001 г., Intercarto-7, Петропавловск-Камчатский 2001, с.60-67.

7. Троицкий С.Л. Основные положения миграционно-климатической концепции // Проблемы стратиграфии и палеогеографии плейстоцена Сибири.- Новосибирск: Наука. 1982.- С.6-9.

8. Зольников И.Д., Дмитриев А.Н., Богуславский В., А. Гуськов С.А., Баландис В.А. Исследование динамики экогеологических обстановок Западной Сибири с учетом изучения палеоэкологических аналогов современных глобальных изменений природной среды и климата // Экологический риск. Материалы Второй Всероссийской конференции.- Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2001. С.11-14.

9. Теория и методология экологической геологии /Под ред. В.Т. Трофимова.- М.изд-во МГУ, 1997.- 386 с.

10. Осипов В.И. Природные катастрофы на рубеже XXI века // Вестник Российской академии наук. М., 2001, Том 71, №4, С.291-302.