

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ГЕОЛОГИИ



АКАДЕМИЯ НАУК СССР

НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ ГЕОЛОГИИ
И ГЕОХИМИИ НЕФТИ И ГАЗА

МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ
И РАЗРАБОТКИ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА
ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ГЕОЛОГИИ

Сборник научных трудов

Ответственные редакторы:

член-корреспондент АН СССР *А.Н. Дмитриевский*,
доктор геолого-минералогических наук *Ю.К. Бурлин*,
кандидат физико-математических наук *И.А. Володин*



МОСКВА "НАУКА" 1989



Системный подход в геологии. М.: Наука, 1989. - 221 с. - ISBN 5-02-001975-5

В книге освещены теоретические и прикладные аспекты системного подхода к геологической науке и практике. Отражены новые теоретические разработки системного естественно-целевого подхода, направленные на повышение эффективности системно-геологических исследований, показаны результаты практического использования системных методов в прогнозировании, поисках и разработке полезных ископаемых, применения системно-аэрокосмических методов в теории и практике нефтегазопромысловых работ, вопросы системного подхода к организации программно-целевого управления решением геологических и технических проблем.

Рецензенты: А.А. Арбатов, Э.Б. Мовшович

Редактор Л.С.Тепельзон

Редактор издательства И.С.Власов

C1804010000-106349-89, кн. 2
055(02)-89

© Издательство "Наука"
1989

А.Н. Дмитриевский

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА В ГЕОЛОГИИ

Системный подход является закономерным этапом развития исследовательских методов и средств, а также эффективным способом познания и преобразования материального мира. Он возник как реакция на постоянно усложняющуюся и преобразующую практическую деятельность, которая вызывает необходимость создания новых способов решения сложных проблем, анализа реальных объектов, методов проектирования, конструирования и управления.

В становлении и развитии системного подхода большую роль сыграл разработанный К. Марксом и Ф. Энгельсом философский принцип системности, выражающийся во внутренней упорядоченности, целостности, организованности объективного мира и процесса познания.

Геология является сферой научной и практической деятельности, в которой эффективное использование системного подхода подготовлено как предыдущей историей развития, так и спецификой объектов геологической науки и практики.

Такие объекты геологии, как кристалл, минерал, горная порода, платформа, геосинклиналь, еще многие десятилетия назад интуитивно рассматривались как целостные природные образования, состоящие из элементов. Понятия целостности и элементности использовались в трудах многих геологов. Достаточно отметить, что в истории системных исследований особую роль занимает выдающийся советский ученый академик В.И. Вернадский, который, основываясь на этих представлениях, развил понятие о ноосфере.

Геология – чрезвычайно адаптивная наука, она активно вбирает в себя все передовые, прогрессивные методы. Так было на всем протяжении развития геологических наук. Исторически геологические знания формировались под влиянием передовых идей в философии, методологии, математике, физике. И то, что некоторые разделы геологии до сих пор имеют описательный характер, трудно поддаются математизации, является не признаком отсталости геологии, а скорее ее спецификой, выражением ее объективной сложности. Многие разделы геологии должны оставаться описательными с преобладанием содержательных методов исследований. Задача этих геологических дисциплин – накопление информации описательного, качественного характера.

Другой особенностью развития геологии является комплексный характер проводимых исследований, когда один и тот же объект изучается геологическими, геофизическими, геохимическими и другими методами.

Таким образом, уже в исходных предпосылках геологических исследований отмечается четко выраженная системная ситуация, а именно:

предметом исследования геологических дисциплин являются сложные природные образования;

изучение этих сложных геологических объектов осуществляется комплексом методов.

Особую важность для геологии представляет то, что системный подход предполагает использование качественных характеристик объекта, следовательно, возможно активное применение широко развитых в геологии содержательных методов исследования.

В основу определения системы предлагается положить целостность и элементность. Во-первых, эти системные принципы являются основными при проведении системно-геологических исследований; во-вторых, целостность и элементность — это те компоненты, которые интуитивно выделялись при изучении сложных геологических образований. Подобный подход к определению системы позволит активно ввести системные принципы в практику геологических исследований, обеспечит сохранение традиций геологической науки, даст возможность при проведении системных исследований использовать методы, разрабатываемые и развиваемые многими поколениями геологов.

В связи с этим системой предлагается считать целостную совокупность элементов.

Подобное определение привлекательно тем, что ни на характер элементов системы, ни на тип образуемой системной целостности не накладываются никаких ограничений.

Целостность предполагает качественные изменения при переходе от целого к элементам. Выделение подсистем и элементов позволяет разделить процесс исследования объекта на отдельные этапы и последовательно приближаться к его познанию. Объединение же элементов в подсистемы и подсистем в систему дает возможность установить особенности целостности изучаемого объекта. В геологии имеется достаточное число объектов, качественное преобразование которых более эффективно можно установить при объединении элементов в подсистемы. При этом следует иметь в виду, что у подсистемы должны быть свои элементы и своя целостность. Именно этим она отличается от простой совокупности элементов.

Таким образом, если в основе целостности лежит синтез, что обуславливает познание целого, то в основе элементности находится анализ, обеспечивающий выделение и изучение элементов.

Элементаристский (элементный) подход в истории развития естественных наук сыграл заметную положительную роль. Говоря об успехах этого подхода для физических наук и рассматривая Солнечную систему как "без-

условно систему", А. Рапопорт отмечал, что характерные особенности ее определяются соотношениями элементов - Солнца и планет. Химические реакции, по его мнению, сводятся также к соотношению между элементами - атомами и молекулами.

Несмотря на фундаментальное значение системных принципов целостности и элементности, их роль и место в системных исследованиях еще недостаточно освещены в литературе. Перспективным направлением является введение Е.Ю. Куликовым представлений об имманентных (элемент как абсолютное), релятивных (элемент как относительное), индивидуализирующих (элемент как "одно") и типизирующих (элемент как "многое") свойствах - характеристиках элементов. Это позволило ему разработать следующие определения: "вещь" - множество элементов, все существенные характеристики которых являются имманентными и индивидуализирующими; "структура" - множество элементов, все существенные характеристики которых являются релятивными и типизирующими; "система" - множество, у которого существенные характеристики каждого элемента делятся на две группы, одна из которых позволяет квалифицировать все множество элементов как "вещь", другая - как "структуру".

А. Холл ввел понятие прогрессирующей факторизации, отражающее стремление системы к состоянию аддитивности, т.е. к увеличению самостоятельности элементов, и понятие прогрессирующей систематизации, отражающее стремление системы к целостности, т.е. к уменьшению самостоятельности элементов. Использование этих понятий позволяет качественно охарактеризовать целостность геологических систем.

Таким образом, приведенное выше определение системы как целостной совокупности элементов предполагает, что для проведения системных исследований в геологии необходимо выдержать как минимум два системных принципа - целостность и элементность с качественной характеристикой их взаимосвязи, учитывающей историко-геологическую общность элементов. Остальные системные принципы, такие, как структурность, взаимосвязь элементов системы, иерархичность, взаимозависимость системы и окружающей среды и другие, последовательно вводятся при проведении системно-геологических исследований. Подобное введение системных принципов, во-первых, отражает специфику геологических исследований и геологических объектов, когда последние из-за недостатка данных (особенно на начальных этапах проведения системно-геологических исследований) не могут быть охарактеризованы, и, во-вторых, обеспечивает при наличии данных последовательное углубление в системной проработке материала.

Ценность системного подхода для геологии в том и состоит, что, получив принципиально важную информацию уже в самом начале системных исследований, можно правильно ориентировать весь ход исследований и последовательно приближаться к более полному познанию сложных геологических объектов, вводить качественные характеристики объекта, которые впоследствии (если это вообще возможно) могут быть заменены коли-

качественными данными, эффективно сочетать формальные и содержательные методы, широко использовать интуицию и опыт исследователя.

Системно-геологические исследования отличаются многоплановостью и подразделяются на системно-структурные, системно-исторические и системно-функциональные.

Задача системно-структурных исследований – установить структуры и особенности связей между элементами, обеспечивающих целостность системы при ее существовании, функционировании и развитии. В связи с этим структуры подразделяются на статические, объясняющие законы строения систем, и динамические, определяющие поведение системы как целого при ее функционировании и развитии.

Неразрывную связь системы и структуры М.С. Каган объяснял тем, что первая нуждается в структуре именно как в "костяке", способном придать необходимую силу сцепления всем ее составным частям, обеспечить прочное и устойчивое ее бытие как целого, стабильное и эффективное ее функционирование как целого, прогрессивное и экономное ее развитие как целого.

Изложенное показывает необходимость тесного сочетания системно-структурных исследований с системно-историческими и системно-функциональными, что позволяет фиксировать преобразование структуры.

По-видимому, целесообразно ввести понятие "жесткая" структура, отражающее устойчивую целостность системы, и понятие "рыхлая" структура, отражающее состояние системы, близкое к аддитивному, что позволяет вводить качественные характеристики структуры, степени связи и степени самостоятельности элементов при изучении особенностей существования, функционирования и развития системы.

Введение этих понятий обусловлено тем, что при изучении геологических систем, особенно на первых этапах исследований, возникает потребность ввести хотя бы приближенные структурные параметры.

Системно-структурные исследования геологических объектов позволяют установить статическую структуру системы, подразделить систему на элементы и изучить их взаимосвязь. В то же время геологические тела проходят длительный этап эволюционного развития, поэтому сочетание системно-структурных и системно-исторических исследований не только дает возможность установить последовательность событий, в результате которых образуются геологические тела, но и позволяет определить генезис, проследить эволюцию преобразования природных тел и их структур, а также получить целостную картину изучаемого геологического тела как исторически развивающейся системы.

При системно-функциональном исследовании устанавливаются связи между элементами и определяются функции элементов. Зная значения переменных компонентов системы в данный момент, можно установить вероятность распределения их значений в любой последующий или любой предшествующий момент времени, что используется при ретроспективном анализе и прогнозировании.

Ю.А. Урманцев

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СИСТЕМ
(проблемно-теоретический очерк)

В геологии и минералогии, как и во всей науке, все более и более осознается фундаментальный статус системной организованности объектов природы, общества и мышления. Это обстоятельство геологов и минералогов привело, с одной стороны, к естественному желанию раскрыть системную природу и системные закономерности генезиса того или иного геологического тела, с другой – к неизбежно с этим желанием связанному стремлению изучить, а затем и применить в своих исследованиях различные системные теории, начиная с теории информации и кончая общей теорией систем – ОТС [12, 13, 15, 17, 19, 30, 31].

Цель данного очерка, следуя пожеланиям геологов и минералогов и собственному варианту ОТС – ОТС(У) [21, 22, 27, 32], доступно и вместе с тем корректно: 1) информировать геологов и минералогов об учениях, законах, категориях ОТС и связанных с ними системном идеале, системном методе, системной парадигме; 2) ознакомить их с некоторыми образцами и результатами использования ОТС при изучении самых различных, в том числе геолого-минералогических, объектов; 3) проанализировать с точки зрения ОТС результаты исследования диссимметрии живого вещества биосферы; 4) инициировать в среде геологов и минералогов – и это самое главное – детальное изучение и профессиональное применение в их исследованиях учений, законов, категорий, алгоритмов и методов ОТС.

Фундаментальное значение в ОТС(У) придается впервые выведенному в ее рамках закону системности – утверждению, что «любой объект есть объект-система и любой объект-система принадлежит хотя бы одной системе объектов одного и того же "рода"».

Поскольку с точки зрения ОТС "объектом" может быть абсолютно любой предмет мысли, этот закон позволяет установить забавное и вместе с тем глубокое единство между объектами, внешне никак не сходными друг с другом: евклидовой геометрией – объектом концептуальным, парагенезисом минералов – объектом материальным¹, игрой в футбол – объектом телеологическим, формулой $E = mc^2$ – законом природы, взаимодействием – объектом динамическим, русским сувениром "матрешкой" – объектом эстетическим.

¹Вместе с Б.И. Смирновым [20] "под парагенетической ассоциацией будем понимать группу сонаходящихся в конкретном геологическом объекте элементов, сходно (как по интенсивности, так и по знаку) реагирующих на изменения параметров среды и характеризующихся в связи с этим сопряженностью и однонаправленностью изменения их содержаний в пространстве объекта" (с. 25).

В каждом из них можно выделить в известном смысле (т.е. с точностью до изоморфизма) одно и то же.

1. Строящие их "первичные" (т.е. рассматриваемые как "неделимые" на данном уровне исследования) элементы: "точки", "прямые", "плоскости" - в евклидовой геометрии; минералы - в парагенезисе минералов; поле, пару ворот, мяч, по II игроков в каждой из двух команд - в игре в футбол; две переменные и одну постоянную - в формуле $E = mc^2$; изменяющие и изменяемые объекты (А и В, В и А), распространяющиеся от А до В и от В до А переносчики действий ("воздействия"), среду распространения - во взаимодействии; матрешки - в матрешке.

2. Отношения единства, связи между элементами, скрепляющие их в одно целое: отношения "между", "лежит на...", "конгруэнтны", "параллельны"... - в евклидовой геометрии; отношение сонахождения - в парагенезисе минералов; отношение игрового соперничества - в футболе; отношения равенства и прямой пропорциональности - в формуле Эйнштейна; причинно-следственные отношения - во взаимодействии; отношение принадлежности - в матрешке.

3. Условия, ограничивающие отношения единства, или так называемые законы композиции: аксиомы связи, порядка, конгруэнтности, непрерывности, параллельности и следующие из них теоремы - в случае евклидовой геометрии; условие сходно, сопряженно реагировать на изменения параметров среды - в случае парагенезиса минералов¹; правила игры, за соблюдением которых следит судья на поле, - в случае футбола; условие равенства E произведению mc^2 (и именно mc^2 , а не, скажем, m^2c^3) - в случае формулы $E = mc^2$. В случае взаимодействия - это требования, чтобы $\Delta t_{AB} < T_B$, $\Delta t_{BA} < T_A$; $\Delta t_{AB} \geq t_{\min} = R_{AB}/V_{K\max}$, $\Delta t_{BA} \geq \Delta t_{\min} = R_{AB}/V_{K\max}$, где Δt_{AB} и Δt_{BA} - времена распространения воздействий соответственно от А до В и от В до А; T_A и T_B - индивидуальные времена существования объектов А и В; R_{AB} - расстояние между ними, Δt_{\min} - минимальное время, затрачиваемое на преодоление расстояния R_{AB} переносчиком действия, обладающим самой большой конечной скоростью распространения $V_{K\max} = c$; в случае же матрешки это - условие принадлежности одной матрешки другой в порядке от меньшей к большей.

4. Неизбежную принадлежность (каждого объекта - системы) хотя бы одной системе объектов одного и того же "рода": в случае евклидовой геометрии - ее принадлежность системе геометрий Эвклида, Лобачевского-Большая, Римана, Гильберта, Картана, Вейля, Схоутена, Бахмана и др.; в случае парагенезиса минералов - систе-

¹К сожалению, это условие не эвристично. Оно не позволяет строить, наподобие таблицы Д.И. Менделеева, систему парагенезисов минералов.

ме парагенезисов химических элементов, минералов, горных пород, формаций; в случае игры в футбол – системе игр с мячом, включающей в себя футбол, волейбол, гандбол и т.д.; в случае формулы $E = mc^2$ – системе формул специальной теории относительности; в случае взаимодействия – системе действий (двусторонних, односторонних, нольсторонних); в случае матрешки – системе иерархических систем, которой принадлежит и популярный среди геологов ряд "минерал \subset порода \subset геотермация \subset геосфера" (здесь \subset – знак включения).

Исходя из приведенных примеров, мы можем дать следующие определения понятиям "объект-система" ("ОС") и «система объектов одного и того же "рода"» ("R-система").

Объект-система (ОС) – это композиция, или единство, построенное по отношениям (в частном случае – по взаимодействиям) x множества $\{R_{OC}\}$, плюс по ограничивающим эти отношения условиям z множества $\{Z_{OC}\}$ из первичных элементов m множества $\{M_{OC}^{(0)}\}$. При этом множества $\{Z_{OC}\}$, $\{R_{OC}\}$ и $\{M_{OC}^{(0)}\}$ могут быть пустыми или содержать 1, 2, 3, ..., ∞ число одинаковых или разных элементов.

Одним из примеров объекта-системы является и любая из оболочек Земли, в частности биосфера.

Если ограничиться очень грубым приближением, то биосфера с точки зрения приведенного определения предстает перед нами в виде грандиозной сверхсложной открытой динамической саморазвивающейся подсистемы Земли. Эта подсистема представлена прежде всего живым веществом – совокупностью населяющих Землю организмов, связанных как друг с другом, так и с другими ее оболочками – с литосферой, гидросферой, атмосферой, тропосферой, стратосферой, наконец, с космосом согласно тем или иным законам композиции разнообразными дву- и односторонними потоками вещества, энергии, информации. Причем связь эта такова, что приходится говорить не только о направленном фундаментальном преобразовании живым веществом среды, но и самого живого вещества векторизованно и зависимо от этого вещества изменяющейся средой. Вследствие этого приходится говорить уже не просто об эволюции, а о коэволюции (одновременном и взаимоприспосабливаемом развитии) при непременном участии естественного отбора – живого вещества и среды его обитания, а точнее, о развитии уже некоей суперсистемы, некоей новой целостности – биосферы, охватывающей в виде своих подсистем и живое вещество, и среду и благодаря этому предопределяющей скорость и вид их совместного дальнейшего развития.

Если же не ограничиваться грубым приближением, то для представления биосферы в виде биосферы-системы, следуя определению объекта-системы, необходимо: 1) указать строящие ее "первичные" элементы (возможно, их надо искать среди семи веществ биосферы – живого, биогенного, косного, биокосного, радиоактивного, рассеянного, космогенного, отмеченных В.И. Вернадским [3]; 2) описать связи между ними (трофи-

ческие, физико-химические, механические и др.; к сожалению, полное число и вид таких связей до сих пор не определены); 3) сформулировать законы композиции - условия, ограничивающие эти связи (эта задача также не решена; между тем знание законов композиции позволило бы построить "ряд развития" биосферы, определить число и вид теоретически возможных с точки зрения принятых предпосылок "оболочек жизни").

С точки зрения $OTS(Y)$ аналогично следует поступать при представлении в виде объектов-систем и других оболочек Земли - литосферы, гидросферы и атмосферы.

Система объектов одного и того же i -го "рода" - это, в сущности, закономерное множество объектов-систем одного и того же "рода". При этом слова "одного и того же, или данного, рода" означают, что каждый из объектов-систем R -системы обладает общими, "родовыми" признаками (одним и тем же качеством), именно: каждый из них построен из всех или части фиксированных первичных элементов m множества $\{M_i^{(0)}\}$ в соответствии с частью или всеми фиксированными отношениями r множества $\{R_i\}$, с частью или всеми фиксированными законами композиции z множества $\{Z_i\}$, реализованными на рассматриваемой системе объектов данного "рода". Как и для объекта-системы, для R -системы множества $\{Z_i\}$, $\{Z_i\}$ и $\{R_i\}$, $\{Z_i\}$ и $\{R_i\}$ и $\{M_i^{(0)}\}$ могут быть пустыми или содержать от одного до бесконечного числа одинаковых или различных элементов.

Весьма наглядным примером R -системы являются предельные углеводороды - CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , ..., C_nH_{2n+2} : все они построены из одних и тех же "первичных" элементов C и H в соответствии с одним и тем же отношением химического сродства и согласно одному и тому же закону композиции вида C_nH_{2n+2} ($n = 1, 2, 3, \dots, S$).

Что может быть R -системой для биосферы? И система оболочек Земли, и система этапов развития биосферы, и система форм движения материи, и даже только сама биосфера Земли, если жизнь во Вселенной уникальна, хотя с точки зрения закона системности вселенская множественность биосфер, а также иных геологических оболочек более вероятна.

Определение R -системы инвариантно относительно перехода от одного уровня общности к другому, т.е. сохраняет свою справедливость. Вследствие этого определению отвечают и отдельные индивидуумы, и множество объектов одного и того же вида, рода, отряда, класса, типа, царства, империи. В пределе определение R -системы, взятое без индекса i , переходит в определение абстрактной системы, или системы вообще. Абстрактная система образует "верхний" полюс R -системы. "Нижний" (противоположный) его полюс образует - и по настоящему содержательно! - пустая система, или ноль-система, т.е. система, не содержащая ни одного элемента. Очевидно, в этом случае множества $\{A_i^{(0)}\}$, а стало быть, и $\{M_i^{(0)}\}$, $\{R_i\}$, $\{Z_i\}$ пустые. Кстати, все эти множества - примеры пустых систем¹.

¹Пустая система - обобщение и гомолог ноля в арифметике, пустого множества в теории множеств. Даже из сказанного видно, что без эксплицирования понятия о ноль-системе построение OTS невозможно.

Естественно, и само множество – пример R-системы: в этом случае $\{Z_i\} = \emptyset$, $\{R_i\} = \emptyset$, а $\{M_i^{(0)}\} \neq \emptyset$ (здесь \emptyset – обозначение пустого множества).

Широко распространенные в природе и в обществе иерархические системы и система иерархических систем также являются особыми случаями R-системы. К сожалению, то, что не учитывалось существование еще более распространенных неиерархических и иерархо-неиерархических систем, а также отсутствие явной экспликации природы отношений "иерархия-неиерархия", "иерархия-иерархия", "неиерархия-неиерархия", их поли- и изоморфизма, симметрии и диссимметрии, противоречивости и непротиворечивости, ..., словом, всего того, что, согласно $OTS(Y)$, должно быть для любого рода систем, – все это привело к резкому преувеличению значения и к существенной неполноте учений об иерархических системах, более того – к неправильным представлениям тех или иных важнейших природных систем, в частности литосферы и биосферы, в качестве иерархических, несмотря на их явно иерархо-неиерархическую природу.

Так, литосфера – это такой объект-система, который состоит из множества в той или иной степени сходных рядов естественных геологических тел вида "минерал \subset порода \subset геоформация \subset геокомплекс" (где знак \subset – знак включения), реализующих как отношения иерархичности – по ходу каждого ряда, так и отношения неиерархичности – между телами различных иерархических рядов. По тем же соображениям и строящие биосферу ряды "организм \subset популяция \subset ценоз \subset биогеоценоз" реализуют отношения не только иерархичности, но и неиерархичности. Справедливо это утверждение и по отношению к организмам, построенным из рядов вида "молекула \subset органелла \subset клетка \subset ткань \subset орган". Возможно, большинство систем, которые раньше рассматривались как иерархические, в действительности являются... иерархо-неиерархическими.

В $OTS(Y)$ для построения системы объектов одного и того же "рода" (с исчерпывающей полнотой и непротиворечиво) изобретен специальный алгоритм. В настоящее время посредством этого алгоритма построен ряд R-систем, в частности: 1) периодическая система венчиков цветков растений со стыкующимися лепестками [23], 2) зеркально-симметрическая система химических элементов [9, 10], 3) система тектонических разрывов – дизъюнктивов [12], 4) система кристаллических агрегатов [16, 29], 5) система дву-, одно-, нольсторонних действий [25], 6) система структур сердечного цикла млекопитающих [28].

Такие построения, следуя $OTS(Y)$, соответственно случаям позволили: 1) Ю.А. Урманцеву обнаружить новые классы биологической и химической изомерии, вывести отвечающие этим классам уравнения, установить принципиальное сходство (математический изоморфизм) между периодическим законом системы венчиков и периодическим законом системы химических элементов; 2) Ю.К. Дидыку предсказать новые валентности для атомов некоторых химических элементов; 3) В.Ю. Забродину впервые обнаружить

структурные и временные поли- и изоморфизм, симметрию и изомерию (классическую, простую и кратную анти-подобия криволинейную, топологическую) дизъюнктивов; 4) А.В. Маликову впервые описать структурную комбинаторно-топологическую симметрию кристаллических агрегатов; 5) Ю.А. Урманцеву теоретически вывести 9 и только 9 всевозможных действий, 5 из которых оказались существенно новыми; 6) В.Д. Цветкову предложить уравнения для безразмерной, механической, кровотоковой объемной, временной структур сердечного цикла млекопитающих, константами каждого из которых оказались числа золотого сечения - 0,382 и 0,618.

Центральное место в ОТС(У) занимает закон системных преобразований, основной закон этой теории. С ним связаны все важнейшие ее обобщения.

Согласно этому закону, «объект-система в рамках системы объектов одного и того же "рода" благодаря своему существованию будет переходить по фиксированным законам $z \in \{z_i\} : A$ либо в себя посредством тождественного преобразования; Б) либо в другие объекты-системы посредством одного из 7 и только 7 различных преобразований, а именно изменениями 1) количества, 2) качества, 3) отношений, 4) количества и качества, 5) количества и отношений, 6) качества и отношений, 7) количества, качества, отношений всех или части его первичных элементов».

Восемь системных преобразований - это все способы, посредством которых в природе одни объекты-системы, в частности минералы, могут быть преобразованы в другие объекты-системы. Одновременно это все способы, посредством которых человек, в частности геолог или минералог, может изменять свои ощущения, восприятия, представления, мышление, свои знания, продукты своего духовного и материального творчества.

Хотя принципиальных способов преобразования и немного, тем не менее ни одна научная или философская концепция изменения и развития по полноте охвата реальности основному закону ОТС(У) не отвечает. Конкретно это мы продемонстрировали на примере теорий биологической эволюции Ч. Дарвина, А.Н. Северцова, Л.С. Берга, учения о биологическом морфогенезе, гегелевского закона перехода количественных изменений в качественные, атомистического учения Демокрита [21-23]. Все эти концепции даже в лучшем случае вопреки существующему фактическому материалу оказались построены на 2/8, или, что то же, недостроены на 6/8. Было бы немаловажно с позиций восьмерки оценить существующие и в минералогии учения об онто- и филогении минералов [8, II]. Вне основного закона - закона системных преобразований - строятся и различные представления об эволюции биосферы [2, I4, I8].

Так обстоит дело с преобразованием отдельного объекта-системы. Если же рассматривать преобразования совокупности объектов-систем, в частности кристаллических агрегатов, парагенетических ассоциаций минералов, горных пород, формаций и л и популяций, биоценозов, биогеоценозов, то таких способов преобразования будет не 8, а 255. Увеличение

в этом случае числа способов преобразования с 8 до 255 объясняется просто: преобразование одной совокупности объектов-систем в другие может происходить под "действием" на отдельные подсовокупности не только любого I-го из 8, но и любых 2-х из 8, 3-х из 8, ..., 8-ми из 8 способов. $A \sum_{i=1}^8 C_8^i = 2^8 - 1 = 255$.

Далее. Для 8 фундаментальных системных преобразований возможно 27 системных антипреобразований (получаемых раздвоением каждого преобразования на n пар взаимно противоположных форм - n пар системных антипреобразований), а именно: 1 - для Т, по 2 - для Кл, Кч, О, по 4 - для КлКч, КлО, КчО, 8 - для КлКчО преобразований (здесь Т - тождественное, Кл - количественное, Кч - качественное, О - относительное преобразования). В частности, для Кл преобразования возможны +Кл, -Кл, для КлКч - +Кл+Кч, -Кл-Кч, +Кл-Кч, -Кл+Кч антипреобразования. Антипреобразованием Т преобразования является само это преобразование. Реальными примерами всех таких (+), (-) преобразований могут служить прямые и обратные мутации в биологии, прямые и обратные процессы в химии, физике, кристаллохимии, геологии, минералогии и т.д.

Детальное изучение каждого системного преобразования привело к развитию основных глав ОТС(У) как учений о тех или иных системных преобразованиях плюс об эффектах (в частности, поли- и изоморфических, симметричных и диссимметричных, кибернетических и некибернетических, неэволюционных и эволюционных), неизбежно ими порождаемых. Так были созданы следующие главы ОТС(У).

Глава I. Теория групп неэволюционных, эволюционных системных преобразований, антипреобразований и их инвариантов. В этой главе [32] все системные преобразования и антипреобразования рассматриваются как одна целостная R-система, изучаются состав, строение, свойства этой системы. В ней дается исчерпывающий вывод всех групп и подгрупп неэволюционных и эволюционных системных преобразований (числом 8) и антипреобразований (числом 27), эксплицируются все инварианты (сохраняющиеся величины) таких преобразований. Глава целиком построена посредством мощного аппарата теории групп - одного из наиболее фундаментальных и развитых разделов современной математики. Венчают эту главу три общесистемные и философские категории - "формы и изменения материи", "формы сохранения материи", "формы развития материи". Минералогами и геологами результаты этой главы могут быть использованы прежде всего при исследовании генезиса, онто- и филогении минералов, их агрегатов и других геологических образований.

Глава II. Операции сложения и вычитания, входа и выхода в ОТС. В этой главе [21, 22] подробно рассматриваются количественные преобразования, формами реализации которых неожиданно оказываются процессы "входа" и "выхода", "деления" и "слияния", "роста" и "редукции",

"синтеза" и "распада", "обмена" и "одностороннего тока" элементов, ранее рассматривавшиеся просто как изначально данные. В виде результатов этих процессов выведена возможность существования "структур прибавления" (в частности, "внедрения"), "структур вычитания" (в частности, с "дырками"), "структур обмена", "структур превращения" (моно- и энантиотропных), систем - "открытых" (со входом и выходом), "полуоткрытых" (со входом, но без выхода - типа "черных дыр"), "полузакрытых" (без входа, но с выходом - типа "белых дыр"), "закрытых" (без входа и выхода). Большинство этих структур и систем под теми же названиями хорошо знакомо кристаллохимикам [1], правда, без эксплицирования их системной природы и происхождения, их связи с количественными системными преобразованиями и антипреобразованиями (на уровне ОТС!).

Глава III. Закон изомеризации. Общая теория изомерии. Изомерия и симметрия. В этой главе [21, 22] детально анализируются относительные преобразования - преобразования одних отношений между первичными элементами на другие, что ведет к возникновению изомерии; приводятся доказательства "закона изомеризации" - утверждения о том, что в R-системе, в которой одни объекты-системы переходят в другие (два и более) изменениями лишь отношений между первичными элементами, - в такой системе возникает изомерия - эффект существования множества объектов одного состава, но различного строения. В этой же главе дается вывод 54 структурных и 64 фундаментальных изомерий и симметрий, подавляющее большинство из которых оказались новыми; выводятся группы изомерии (посредством теории групп подстановок), раскрывается связь "изомерия-симметрия". Понятие об изомерии минералов, связь изомерии с симметрией и полиморфизмом минералогам не учитывается¹ (в отличие от геологов - см. пионерские в этом отношении работы И.П. Шарипова [30] и В.Ю. Забродина [12]).

Глава IV. Закон полиморфизации. Обобщенное учение о полиморфизме. В этой главе [21, 22] подробно анализируются количественно-относительные и количественно-качественно-относительные преобразования и антипреобразования, приводящие к возникновению полиморфизма (изомерийного, неизомерийного, изомерийно-неизомерийного); приводятся доказательства "закона полиморфизации" - утверждения о том, что любой объект - полиморфическая модификация и любая полиморфическая модификация принадлежит хотя бы одному полиморфизму; развивается общесистемное учение о полиморфизме и десятках, сотнях классов полиморфизма, о 8 и 255 способах полиморфизации (порождения "различного"); с

¹ Несмотря на наличие огромного фактического материала, в частности об аллотропии химических элементов и их соединений - о существовании их в виде нескольких взаимно изомерных простых (в том числе кристаллических) форм. Популярными примерами аллотропии: углерод в форме алмаза и графита; сера ромбическая и моноклинная; азотнокислый аммоний α -ромбический, β -ромбический, тригональный, кубический; парафин ромбический и гексагональный и т.д.

этих позиций выявляется существенная неполнота учения синтетической теории эволюции (современного дарвинизма) о биологическом полиморфизме.

Именно минералогам (Клапроту, Митчерлиху и др. – конец XVIII – начало XIX в.) наука обязана открытием полиморфизма, однако ими до сих пор не осознается общесистемная природа полиморфизма, его связь с названными выше системными преобразованиями и антипреобразованиями¹. Не обнаружены ими на минералах и классы полиморфизма, предсказанные ОТС(У). Несколько лучше в этом отношении дело обстоит в геологии [12, 30].

Знания о количественно-относительных и количественно-качественно-относительных преобразованиях в этой главе зафиксированы посредством общесистемной и философской категории "п о л и м о р ф и з м".

Глава У. Законы изоморфизации, соответствия, системного сходства. Обобщенное учение об изоморфизме. В этой главе рассматривается [21-32] изоморфизм, противоположность и необходимое дополнение полиморфизма; доказывается, что любая полиморфизация неизбежно сопровождается ее проникающей изоморфизацией и наоборот, вследствие чего возникают феномены изоморфичности полиморфизма и полиморфичности изоморфизма; на основе теории бесконечных множеств с использованием аксиомы выбора Цермело доказываются "законы изоморфизации, соответствия, системного сходства" – утверждения соответственно, что: а) любой объект – изоморфическая модификация и любая изоморфическая модификация принадлежит хотя бы одному изоморфизму; б) между любыми произвольно взятыми системами S_1 и S_2 существуют отношения эквивалентности и сходства одного из трех и только трех сортов, что автоматически делает невозможным существование таких пар систем, между которыми не было бы никакой эквивалентности и никакого сходства. Несомненно значение всех трех названных законов ОТС для учения философов о единстве и многообразии мира. В этой же главе развивается обобщенное учение о системном изоморфизме, выводятся десятки, сотни, тысячи, десятки тысяч новых классов изоморфизма (сходства), анализируются 8 и 255 способов порождения и уничтожения конкретного сходства. С позиций общесистемного учения о сходстве подтверждаются и одновременно очень существенно развиваются номогенетические (недарвиновские) представления о биологическом изоморфизме.

¹ Еще в 1974 г. по этому поводу я писал: "... теперь становится понятным, что полиморфизм – это не физическая или химическая, психологическая или лингвистическая особенность. Полиморфизм – особенность общесистемная: везде, где есть системы, будет и одно из их непреходящих проявлений – полиморфизм. Вот почему полиморфизм известен физикам и поэтам, музыкантам и химикам, археологам и философам" [21, с. 70-71].

Как и ранее, именно минерологам (прежде всего Митчерлиху, а также Монне, Роме де Лилло, Леблану, Вертолле, Гаю – середина XVIII – начало XIX в.) наука обязана открытием изоморфизма. Однако, пожалуй, и в этом случае ими не до конца осознается общесистемная природа изоморфизма; классы системного изоморфизма, а возможно, и феномены изоморфичности полиморфизма и полиморфичности изоморфизма на минералах не обнаружены. Что касается геологии, здесь дело обстоит несколько лучше [12]. В то же время достижения минералогов, кристаллографов и кристаллохимиков в области изоморфизма настолько велики и значимы, что были бы крайне желательны оценки обнаруженных ими изоморфических феноменов и закономерностей с точки зрения ОТС. Создается впечатление, что некоторые из них имеют не только кристаллохимическое и минералогическое, но и общетеоретикосистемное значение. Осознание этого факта помогло бы дальше развить ОТС.

ОТС – учение о системном изоморфизме в этой главе завершено предложением общесистемной и философской категории "и з о м о р ф и з м", что позволило, во-первых, дополнить категорию "полиморфизм" до гармоничной пары "п о л и м о р ф и з м – и з о м о р ф и з м", во-вторых, эксплицировать вид связи между ними.

Глава VI. Законы системной симметрии и системной асимметрии. Обобщенные учения о симметрии и диссимметрии. Развивая далее утверждения предыдущей главы, в этом разделе [32] доказываем, что любая система одновременно обязательно симметрична в одних (закон системной симметрии) и обязательно асимметрична в других (закон системной асимметрии) отношениях. Посредством теории групп и алгебраического учения о группоидах детально раскрываются связи "система-симметрия" и "система-асимметрия" в виде системы симметрии (асимметрии) и симметрии (асимметрии) системы, что позволило автору предложить списки десятков, сотен, тысяч, десятков тысяч новых симметрий и асимметрий. Глава завершается выводом: 1) с и м м е т р и и – в виде общесистемной категории, обозначающей свойство системы "С" совпадать по признакам " Π_1 " после изменений "И"; 2) д и с с и м м е т р и и – в виде общесистемной категории, обозначающей свойство системы "С" совпадать по признакам " Π_3 ", но лишь после части изменений фиксированного множества {И} (относительно другого фиксированного множества изменений {И} система "С" по тем же самым признакам " Π_3 " может быть и симметричной); 3) а с и м м е т р и и – антипода симметрии и предельного случая диссимметрии – в виде общесистемной категории, обозначающей свойство системы "С" не совпадать по тем же самым признакам " Π ", но после другой совокупности изменений " Π_k " или по другим признакам " Π_1 ", но после тех же самых изменений "И"; 4) с и м м е т р и и – а с и м м е т р и и – в виде новой гармоничной пары категорий ОТС и философии.

Уже из сказанного очевидно, что симметрия и диссимметрия в пределах соответствующих им объектов, признаков изменений абсолютны, но за

их границами симметричное может обернуться диссимметричным, а диссимметричное – симметричным. Например, один и тот же составной геометрический объект из левого черного и правого белого тетраэдров, симметричный по своей фигуре относительно плоскости отражения, будет асимметричен по фигуре + цвету относительно отражения в обычной и симметричен относительно отражения в необычной (антисимметрической) плоскости отражения. Такая необычная плоскость, как известно, не только переводит левое в правое, правое в левое, но и черное в белое, белое в черное, а весь составной объект благодаря комбинированной инверсии – сам в себя.

Именно в этом разделе ОТС, следуя цели данного очерка, уместнее всего проанализировать диссимметрию живого вещества биосферы.

Вслед за И. Кантом и Л. Пастером В.И. Вернадский диссимметрически считал такие объекты, которые а) изменяются при зеркальном отражении в некоторых отношениях вплоть до противоположности, б) не совмещаются вследствие этого со своими зеркальными отражениями, в) лишены каких бы то ни было элементов симметрии второго рода, г) могут существовать в виде двух и только двух модификаций – правой (П) и левой (Л). Примеры таких объектов: П и Л аминокислоты, П и Л углеводы, растения с П и Л винтовым листорасположением, моллюски с П и Л раковинами, П и Л колонии почвенного микроорганизма *Бациллюс микоидес* и т.д.

На основании имевшегося в его время ограниченного фактического материала В.И. Вернадский в своих биогеохимических работах [3–7] всегда подчеркивал 1) пространственно разделенное, 2) численно неодинаковое, 3) физиолого–биохимически нетождественное существование П и Л биоантиподов живого вещества и во всем этом видел одно из доказательств коренного материально–энергетического отличия живых естественных тел биосферы от ее косных естественных тел [7].

Позднее, развив новую теорию правого и левого – теорию диссфакторов – и обобщив огромный фактический материал наук о живой и неживой природе, в полном соответствии с законами ОТС о системной симметрии и системной асимметрии мы установили [21]: 1) непрямое отсутствие у диссимметрических объектов элементов второго рода классической симметрии, но не обязательное отсутствие у них элементов второго рода некоторых неклассических симметрий (аффинной, конформной, криволинейной); 2) возможность существования любого диссубъекта не только в виде двух, но и в виде двух, трех... бесконечного числа модификаций; 3) пространственно разделенное или неразделенное, 4) численно одинаковое или неодинаковое, 5) тождественное или нетождественное по (тем или иным свойствам) существование П и Л антиподов и в неживой и в живой природе; 6) ненарушение в одних случаях и нарушение в других как в неживой, так и в живой природе "требований" как простой (зеркальной), так и комбинированной (простой антисимметрической) инверсии; 7) ненарушение в одних и нарушение в других случаях пока только в жи-

вой природе требований антисимметрических инверсий любой кратности, в том числе математически изоморфных требованиям СРТ-инверсии (С - зарядово-, Р - пространственно-, Т - временной инверсии)! Если исходить из исторической закономерности - открытия нарушений требований тех или иных инверсий первоначально в живой, а затем в неживой природе, то можно ожидать открытия нарушения закона сохранения СРТ-четности и в неживой природе (скорее всего, в мире элементарных частиц).

Знания о симметрии и диссимметрии живого вещества биосферы мы обобщили в виде двух новых законов [21]: 1) закона встречаемости биоэнантиоморф, согласно которому П и Л биообъекты - молекулы, животные и растения - встречаются так, что либо $\Sigma\P = \Sigma\text{Л}$, либо $\Sigma\P > \Sigma\text{Л}$, либо $\Sigma\P < \Sigma\text{Л}$ модификаций биообъектов (один из примеров проявления закона встречаемости биоэнантиоморф - открытая в середине XIX в. А. Бешаном и Л. Пастером диссимметрия протоплазмы); 2) закона свойств биоэнантиоморф, согласно которому требования комбинированной инверсии живой природой нарушаются, поскольку в ряде случаев при переходе от П к Л биообъекту некоторые свойства изменяются, притом таким образом, что никакими симметрическими и антисимметрическими операциями из свойств П форм нельзя вывести свойства его Л разновидности. На основании большого фактического материала мы показали [21], что закону свойств биоэнантиоморф также отвечает реальное явление - диссимметрия жизни, важным частным случаем которого является диссимметрия протоплазмы.

С точки зрения ОТС открытие нарушений живым веществом требований как классической симметрии, так и антисимметрии любой кратности ставит нас перед новой фундаментальной задачей - задачей обнаружения такой новой обобщенной симметрии, посредством которой и данные нарушения, и предыдущие симметрии можно было бы обернуть особыми случаями обобщенной симметрии. Правда, открыв последнюю, с точки зрения ОТС следует тотчас приступать к поиску фактов, нарушающих и обобщенную симметрию. И так без конца. Все это можно сделать посредством исследования новых объектов (носителей симметрии), признаков (инвариантов), изменений (групп преобразований). Таковы некоторые итоги изучения симметрии и диссимметрии живого вещества биосферы. На этом мы можем поставить точку и перейти к следующему разделу ОТС.

Глава VII. ОТС и отношения противоречия и непротиворечия. В этой главе [27], исходя из законов системной симметрии и асимметрии, доказывается, что любой системе присущи: 1) подсистема противоречий - совокупность из n раздельно или виртуально существующих пар взаимно противоположных элементов, связанных отношениями единства и "борьбы" (закон системной противоречивости), 2) подсистема непротиворечий - совокупность из m взаимно противоположных элементов, связанных отношениями непротиворечия (закон системной непротиворечивости); что любому противоречию-системе и любому непротиворечию-системе присущи

подсистема противоречий и подсистема непротиворечий; что над этим в конечном счете доминирует закон единства и "борьбы" противоположностей, основной закон диалектики, из-за конечного представления любой системы (в том числе отношения непротиворечия) в виде противоречия-системы; что посредством теории групп можно "вычислительно" определить состав (число и вид) всех отношений противоречия и непротиворечия любой системы. Знания об отношениях противоречия и непротиворечия и о виде связи между ними в этой главе зафиксированы посредством пары категорий "противоречивость - непротиворечивость", хорошо известных философам, но впервые полученных в рамках ОТС в статусе и общесистемных. Несомненно огромное мировоззренческое и прикладное значение этих выводов ОТС, в том числе для минералогии и геологии.

Глава VIII. ОТС и отношения взаимодействия, одностороннего действия и взаимнедействия. При системном изучении природы действий - двусторонних (2-действий), односторонних (I-действий) и нольсторонних (0-действий) - было сделано следующее [25]:

1) 2-, I-, 0-действия представлены как 2-, I-, 0-действия-системы (на примере взаимодействий это показано выше);

2) построена отвечающая требованиям полноты пространственно-временная система из следующих 9 действий: 1) 2-действия вида \ll (так как $\Delta t_{AB} < T_B$, $\Delta t_{BA} < T_A$), 2) квази-2-действия вида $=$ ($\Delta t_{AB} = T_B$, $\Delta t_{BA} < T_A$), 3) квази-2-действия вида \leq ($\Delta t_{AB} < T_B$, $\Delta t_{BA} = T_A$), 4) I-действия вида $\langle \rangle$ ($\Delta t_{AB} < T_B$, $\Delta t_{BA} > T_A$), 5) квази-0-действия вида $=$ ($\Delta t_{AB} = T_B$, $\Delta t_{BA} = T_A$), 6) I-действия вида $\rangle \rangle$ ($\Delta t_{AB} > T_B$, $\Delta t_{BA} < T_A$), 7) квази-0-действия вида $>$ ($\Delta t_{AB} > T_B$, $\Delta t_{BA} = T_A$), 8) квази-0-действия вида $= \rangle$ ($\Delta t_{AB} = T_B$, $\Delta t_{BA} > T_A$), 9) 0-действия вида $\rangle \rangle$ ($\Delta t_{AB} > T_B$, $\Delta t_{BA} > T_A$); действия 1), 4), 6), 9) были уже известны, остальные 5 обнаружены впервые;

3) следуя законам системной симметрии и асимметрии, показано, что системе действий действительно присущи определенного рода симметрия (доказано построением схемы Кэли группы действий 9-го порядка) и определенного рода асимметрия (доказано построением группоида из 9 действий);

4) следуя законам системной противоречивости и непротиворечивости, доказано, что система действий действительно состоит из подсистемы противоречия, представленной 5-ю отношениями противоречия, и подсистемы непротиворечия, представленной 36 отношениями непротиворечия;

5) показано, что 9 действий реализуют 9 же классов взаимоотношений - 3 одинаковых (конрелятивных вида $+A+B$, $-A-B$, AB ; их примеры - явления синергизма, антагонизма и нейтрализма факторов среды при их действии на минерал или любой другой материальный объект), 6 различных (2 контрадисрелятивных вида $+A-B$, $-A+B$; их примеры - некоторые случаи взаимоотношения родителей и детей; +4 неконтрадисрелятивных

вида $+AB$, $-AB$, $A+B$, $A-B$; их примеры – односторонние действия при детерминации прошедшим настоящего, настоящим будущего, но не наоборот);

6) следуя законам системной симметрии и асимметрии, противоречивости и непротиворечивости, показано, что системе взаимоотношений действительно присущи симметрия (доказано построением схемы Кэли группы взаимоотношений 9-го порядка) и асимметрия (доказано построением группоида из 9 взаимоотношений), подсистема противоречия с 5 отношениями противоречия и подсистема непротиворечия с 36 отношениями непротиворечия;

7) следуя закону системного сходства, показано, что группа и группойд действий математически изоморфны группе и группойду взаимоотношений;

8) доказано, что абсолютно любому материальному объекту присущи отношения взаимодействия, одностороннего действия (реализующегося при детерминации прошедшим настоящего, настоящим будущего) и взаимонедействия. Это означает, что при построении картины мира, а стало быть, и философского мировоззрения необходимо привлекать не одно (только взаимодействие), а все 9 действий-систем и все 9 взаимоотношений-систем, реализующихся в этих действиях. Это утверждение справедливо и при построении картины взаимоотношений "всего лишь" в системе "минерал-минералогенетическая среда".

Замечательно, что с точки зрения ОТС и СТО (специальной теории относительности) для каждого материального объекта, в том числе любого естественного геологического тела, возможны две ограниченные в пространстве и во времени среды: первая та, от каждой "точки" которой данный объект еще во время своего существования в принципе может получить действие (информацию); вторая та, на каждую "точку" которой объект сам может воздействовать за время своего существования. Знания о действиях и взаимоотношениях в этой главе закреплены посредством новых для ОТС и философии категорий – "формы действия матери", "формы отношения матери".

Глава IX. Эволюционика как общая теория развития систем природы, общества и мышления. Эта глава [27, 32] состоит из трех частей: I – Развитие (изменение) систем, II – Системы развития (изменения), III – Законы развития (изменения).

В первой части дается вывод основного закона эволюционики, согласно которому «объект-система в рамках неэволюционной (эволюционной) системы объектов одного и того же "рода" благодаря своему существованию и (или) дву-, одно-, нольсторонним связям со средой будет переходить по фиксированным неэволюционным (эволюционным) законам $z \in \{z_1\}$: А) либо в себя посредством тождественного преобразования (стасигенеза), Б) либо в другие объекты-системы посредством одного из 7 и только 7 различных неэволюционных (эволюционных) преобразований, именно изменений: 1) количества (квантигенеза), 2) качества (квалигенеза),

3) отношений (изогенеза), 4) количества и качества (квантиквалигенеза), 5) количества и отношений (квантиизогенеза), 6) качества и отношений (квалиизогенеза), 7) количества, качества, отношений (квантиквалиизогенеза) всех или части его первичных элементов».

Здесь словами вне скобок указаны неэволюционные, а в скобках – эволюционные системные преобразования. Причем сделано это так, чтобы были видны гомологичность и однозначное соответствие каждого неэволюционного преобразования своему эволюционному преобразованию.

В этой же части исходя из основного закона эволюционики дается новая формулировка гегелевского закона перехода "количества" в "качество", согласно которой "неэволюционные (эволюционные) количественные изменения могут переходить в неэволюционное (эволюционное) тождество (стасигенез), а также в неэволюционное (эволюционное) количество (квантигенез) и (или) качество (квалигенез) и (или) отношение (изогенез)".

Завершается эта часть, с одной стороны, представлением развития (изменения) в виде объекта-системы, с другой – явным описанием **р а з в и т и я р а з в и т и я** – прежде всего посредством данных биологов К.М. Завадского и Э.И. Колчинского об эволюции эволюции в живой природе.

Во второй части дается построение R-систем: из 8 или 16 системных – эволюционных и неэволюционных – преобразований; из 27 или 81 системных – эволюционных и неэволюционных – антипреобразований; из 9 действий и 9 же взаимоотношений внутренних и внешних факторов (источников) развития (изменения); из 8 или 64 R-альных системных – эволюционных и неэволюционных – преобразований; из 27 или 729 R-альных системных – эволюционных и неэволюционных – антипреобразований (R-альные преобразования и антипреобразования суть такие преобразования, посредством которых совершаются преобразования одних R-систем в другие, а содержательно, в частности, переходы одних форм движения в другие формы движения материи).

В третьей части развиваются учения о симметрии и асимметрии, противоречивости и непротиворечивости, изоморфизме и полиморфизме развития (изменения). В этой связи дается вывод еще **II з а к о н о в р а з в и т и я (и з м е н е н и я)**: законов эволюционной (неэволюционной) системной симметрии и асимметрии, системной противоречивости и непротиворечивости, системной изоморфизации, полиморфизации и изомеризации; эволюционных (неэволюционных) законов сохранения системного сходства, системного изоморфизма, количественного преобразования объектов-систем, наконец, закона восходящего развития; предлагаются новые общесистемные и философские обобщения – **к а т е г о р и и** "формы симметрии материи" и "формы асимметрии материи", "формы противоречивости материи" и "формы непротиворечивости материи", "формы изоморфизма материи" и "формы полиморфизма материи"; **п р и н ц и п** максимальной эволюционной (неэволюционной) полиморфизации.

В этой же части приводятся математические, прежде всего теоретико-групповые, доказательства действия этих законов, причем на примере не только носителей развития (изменения), но и (что особенно важно и ново) цепи "прошедшее-настоящее-будущее", самих эволюционных и неэволюционных системных преобразований и антипреобразований, внешних и внутренних факторов (источников) развития и изменения, дву-, одно- и ноль-сторонних действий между этими факторами, отношений кон-, контрадис-, нонконтрадисрелятивизма (взаимного согласия, взаимного несогласия - вплоть до взаимного противоречия), реализующихся посредством этих действий.

Наиболее неожиданные результаты этого раздела - это обнаружение, во-первых, взаимно противоположных и взаимно непротивоположных форм противоречия и непротиворечия материи, во-вторых, отношений непротиворечия в роли особых источников развития и изменения, в-третьих, гомологичности и однозначного соответствия каждого неэволюционного системного преобразования, антипреобразования и его инвариантов, а также всех их R-систем, отвечающих им групп, группоидов, отношений противоречия и непротиворечия, форм действия и взаимоотношения своему эволюционному системному преобразованию, антипреобразованию и его инвариантам, а также своим эволюционным R-системам, группам, группоидам, отношениям противоречия и непротиворечия, формам действия и отношения материи.

Это обстоятельство позволило сделать следующий, принципиально новый вывод: тождественное, количественное, качественное, относительное... тождественно-количественно-качественно-относительное изменение - это "клеточки", зачаточные, гомологичные формы соответственно стасти-, кванти-, квали-, изо-... стасти-кванти-квали-изогенеза; изменение вообще - это элементарная клеточка, зародышевая форма развития вообще; как таковая она заключает в себе все основные закономерности и формы развития в целом. Получается так, что развитие - это "предельно" (количественно и качественно) усложнившееся изменение, а изменение - это "предельно" (количественно и качественно) редуцированное развитие.

Но это означает, что неразвивающихся объектов просто быть не может из-за атрибутивного характера развития и его зародышевой формы - изменения. Это с одной стороны.

С другой стороны, данные же обстоятельства позволяют по-новому охарактеризовать природу движения вообще как такой атрибут материи, который реализуется через особые формы движения, в свою очередь реализующиеся через присущие только им формы развития, а последние - через однозначно с ними связанные формы изменения материи. Для большей ясности понимания этого суждения предлагаем читателю в виде иллюстрации сказанного следующий последовательный ряд реализаций: движение → биологическая форма движения → биологические формы развития → биоло-

гические формы изменения → предбиологические (механические и физико-химические) формы изменения материи. Здесь "стрелка" указывает на то, что через чего реализуется; слово "биологическое" – указание на специфическую природу данных реализаций (ср. количественное – "+" или "-" – неэволюционное изменение и его специфически биологические реализации: "р о с т", совершаемый, в частности, посредством митоза, или "р е д у к ц и ю", совершаемую посредством ферментов).

В итоге движение вообще в ранге уже философской категории представит не в виде аналитически общего и весьма тощего определения (типа "движение – это изменение вообще"), а в виде синтетически общего, весьма богатого и вообравшего в себя все содержание единичного, особенного и общего только что приведенного выше определения движения.

С точки зрения ОТС(У) в аналогичном, синтетически общем переосмыслении нуждаются и все остальные категории, законы и учения философии.

Глава X. Системный идеал, системный метод, системная парадигма. В этой главе [25, 26] подводится своеобразный итог развития ОТС, что неизбежно приводит к системному идеалу, системному методу, системной парадигме.

Системный С-идеал – новая высокая цель науки. Он требует представления объекта в виде объекта-системы в системе объектов одного и того же "рода" ("R-системе"), выявления в последней эмерджентных признаков (вещей, свойств, отношений, процессов, явлений, законов), а также полиморфизма и изоморфизма, симметрии и диссимметрии, отношений противоречия и непротиворечия, всех или части форм изменения, сохранения, развития, действия, отношения материи. Причинно-следственный, структурно-функциональный, историко-эволюционный идеалы при таком понимании С-идеала становятся его подыдеалами.

Системный С-метод предоставляет средства для удовлетворения требований С-идеала. В ОТС С-метод используется тройко. Во-первых, в качестве метода, следуя специальному алгоритму, представления объекта в виде объекта-системы; во-вторых, в качестве метода построения, следуя другому алгоритму, R-системы; в-третьих, в качестве метода в соответствии с учениями, законами, алгоритмами ОТС: I) классификации; 2) формулировки законов природы; 3) обнаружения в ней полиморфизма и изоморфизма, симметрии и диссимметрии, отношений противоречия и непротиворечия, всех или части форм изменения, сохранения, развития, действия, отношения материи; 4) определения "места" (а посредством "места" и свойств) объекта-системы в R-системе; 5) предсказаний и открытий; 6) установления соответствий, сходств, симметрий и наоборот – между различными R-системами; 7) решения задач; 8) объяснения явлений; 9) обнаружения и исправления ошибок; 10) постановки новых вопросов; II) математизации, диалектизации, системологизации науки; 12) резкого повышения степени фундаментальности, эффективности научной работы и преподавания – в нерасторжимой связи с R-системой и принадлежащими ей

объектами-системами! Наглядный пример сказанного – формулировка периодического закона и классификация химических элементов, предсказания посредством "места" существования новых элементов и их свойств, исправления ошибок в определениях атомных весов некоторых из них, развитие и преподавание "Основ химии" Д.И. Менделеевым в нерасторжимой связи с им же построенной периодической системой химических элементов (см. также [23]).

Построения р-систем и их наглядные изображения – принципиально новый способ извлечения, хранения, выражения, подытоживания и развития знания; принципиально новая цель, средство познания, форма отображения реальности и объект исследования, удерживающие в себе все накопленное в этих отношениях, в частности экспериментальный, теоретический, дедуктивный, индуктивный, гипотетический и другие методы в качестве подметодов С-метода. По своему значению изобретение С-метода, по-видимому, можно приравнять к изобретению экспериментального или дедуктивного метода исследования.

Системная С-парадигма – по существу сама ОТС. С ней связаны системные образцы постановки вопроса проведения исследования, анализа его результатов и т.д. Как показывает история развития в ОТС учений о полиморфизме и изоморфизме, симметрии и диссимметрии, отношениях противоречия и непротиворечия, формах изменения, развития, действия материи и т.д., С-парадигма шаг за шагом включает в себя в качестве своих подпарадигм другие общенаучные парадигмы, что вопреки модным высказываниям об односторонности системного подхода обеспечивает этой парадигме и подлинную разносторонность, и настоящую глубину в постижении реальности.

Основной вывод из данной работы, который может извлечь ученый, в том числе геолог и минералог, состоит в следующем: использование С-идеала, С-метода, С-парадигмы в исследованиях объектов природы может оборачиваться резким повышением эффективности научной работы, фундаментальным познавательным выигрышем, знанием, иначе как посредством этого метода и этой парадигмы неизвлекаемым и невыражаемым!

В заключение подчеркнем, что ОТС – это сложная теория о реальных – материальных и идеальных – системах. Она характеризуется специфическими для нее предпосылками, понятиями и категориями, законами и учениями, алгоритмами, методами и приложениями. Сейчас ОТС – это не закончившая свое развитие теория, а "теория на марше": ее основная цель – дать перечень того, "что должно быть, что может быть, чего быть не может для систем", – была и остается актуальной.

Л и т е р а т у р а

Г. Бок и Г.Б. Кристаллохимия. М.: Изд-во МГУ, 1960. 357 с.

2. Верзилин Н.Н., Верзилин М.Н., Верзилин Н.М. Биосфера, ее настоящее, прошлое и будущее. М.: Просвещение, 1976. 224 с.
3. Вернадский В.И. Биогеохимические очерки. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. 250 с.
4. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 1965. 374 с.
5. Вернадский В.И. Размышления натуралиста. Пространство и время в неживой и живой природе. М.: Наука, 1975. 174 с.
6. Вернадский В.И. Живое вещество. М.: Наука, 1978. 358 с.
7. Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии. М.: Наука, 1980. 320 с.
8. Григорьев Д.П., Жабин А.Г. Онтогенез минералов. Индивиды. М.: Наука, 1975. 339 с.
9. Дидык Ю.К. Вывод периодического закона на основе квантовой механики. Существование зеркально-симметричных множеств элементов //Сборник научных трудов /Норил. вец. индустр. ин-т. Красноярск, 1973. № 15. С. 37-62.
10. Дидык Ю.К., Макареня А.А., Сухомлинов Е.Д. Экспериментальные подтверждения разделения множества элементов на два симметричных подмножества//Добыча и переработка руд, цветных металлов. Норильск, 1978. С. 117-122.
11. Жабин А.Г. Онтогенез минералов. Агрегаты. М.: Наука, 1979. 340 с.
12. Забродин В.Ю. Системный анализ дизъюнктивов. М.: Наука, 1981. 199 с.
13. Иерархия геологических тел. Хабаровск: Кн. изд-во, 1978. 679 с.
14. Костицын В.А. Эволюция атмосферы, биосферы и климата. М.: Наука, 1984. 96 с.
15. Круть И.В. Введение в общую теорию Земли. М.: Мысль, 1978. 367 с.
16. Маликов А.В. О моделировании закономерностей соприкосновения зерен в минеральных сростаниях//ДАН СССР. 1985. Т. 280, № 4. С. 878-880.
17. Методология литологических исследований. Новосибирск: Наука, 1985. 303 с.
18. Моисеев Н.Н., Александров В.В., Тарко А.М. Человек и биосфера: Опыт системного анализа и эксперименты с моделями. М.: Наука, 1985. 271 с.
19. Системный подход в геологии. М., 1983. 323 с.
20. Смирнов Б.И. Корреляционные методы при парагенетическом анализе. М.: Недра, 1981. 176 с.
21. Урманцев Ю.А. Симметрия природы и природа симметрии. М.: Мысль, 1974. 229 с.

22. Урманцев Ю.А. Начала общей теории систем//Системный анализ и научное знание. М.: Наука, 1978. С. 7-41.
23. Урманцев Ю.А. Что может дать биологу представление объекта как системы в системе объектов того же рода?//Журн. общ. биологии. 1978. Т. 39, № 5. С. 669-718.
24. Урманцев Ю.А. О значении основных законов преобразования объектов-систем для биологии//Биология и современное научное познание. М.: Наука, 1980. С. 121-143.
25. Урманцев Ю.А. Что может дать исследователю представление объекта как объекта-системы в системе объектов данного рода?//Теория, методология и практика системных исследований. М.: Наука, 1984. Секция I: Философско-методологические и социологические проблемы. С. 19-22.
26. Урманцев Ю.А. О системном идеале//Теория и методология минералогии. Сыктывкар, 1985. С. 37-38.
27. Урманцев Ю.А. Общая теория систем: Состояние, приложения, перспективы развития//Система. Симметрия. Гармония. М.: Мысль, 1988. С. 38-130.
28. Цветков В.Д. Ряды Фибоначчи и оптимальная организация сердечной деятельности млекопитающих: Препринт. Пушино, 1984. 19 с.
29. Челищев Н.Ф., Маликов А.В. Особенности упаковки кристаллов в микрожеодах цеолитизированных туфов//ДАН СССР. 1985. Т. 285, № 2. С. 434-438.
30. Шарпов И.П. Логический анализ некоторых проблем геологии. М.: Недра, 1977. 144 с.
31. Юшкин Н.П. Теория и методы минералогии. Л.: Наука, 1977. 291 с.
32. U r m a n t s e v Yu.A. Symmetry of system and system of symmetry//Comput. and Math. Appl. В. 1986. Vol. 12, N1/2. P. 379-405

УДК 55.001.8

Л.Ф. Дементьев

ВЫДЕЛЕНИЕ СИСТЕМ В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В статье изложены те принципы выделения систем в геологическом пространстве, которые представляются эффективными с позиций решения задач как теоретической, так и прикладной геологии. Для наших целей удобно следующее известное дискриптивное определение системы, опираясь на которое можно отличать геологический объект "сам по себе" от того же объекта, рассматриваемого в качестве системы: под системой понимается совокупность объектов, определенным образом связанных меж-

ду собой и образующих некоторую целостность. Объекты, образующие систему, называются или элементами, или подсистемами, если они в дальнейшем сами будут рассматриваться как системы. Свойства системы определяются отношениями и связями между объектами, входящими в систему. Совокупность связей и отношений между объектами, входящими в систему, образует структуру системы.

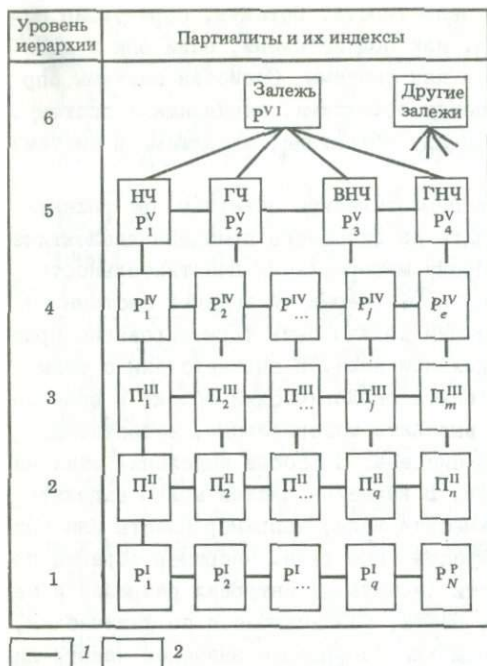
В основе системного подхода к геологическим объектам при решении каких угодно задач следует исходить из основного принципа диалектического материализма, согласно которому материальная действительность есть основа всех явлений. Поэтому первоочередной задачей системного подхода в любой области исследований должно быть формулирование представлений о системе как о материальной вещи. В соответствии с этим принципом для того, чтобы представить геологический объект в виде системы, прежде всего в нем нужно выделить материальные, вещественные части, из которых будет состоять система. Способов выделения этих частей можно найти достаточно много. В качестве частей можно выделить естественно существующие геологические тела, например пласты или части дизъюнктивных структур, и искусственные тела, например образец породы; можно выделить крупные части (зональный интервал разреза) и мелкие (минеральное зерно), а также части, различающиеся по физическим, химическим, механическим свойствам или по уровням значений какого-либо одного свойства и т.п.

В геологической литературе какого-то генерализованного термина, обозначающего любую часть геологического тела, часть вообще независимо от ее размеров, свойств и оснований, по которым она выделяется, не существует. При построении же концептуальной модели системного подхода в геологии такой термин представляется необходимым.

Отталкиваясь от латинского слова "pars" (часть), будем использовать термин "партиалит" для обозначения любой части любого геологического тела, т.е. части вообще, по тем или иным соображениям рассматриваемой как отдельное геологическое тело. Партиалитами будут образец, минеральное зерно, поровый канал, газовая шапка, нефтяная оторочка или любой объем, по каким-то соображениям ограниченный произвольными поверхностями, и т.п.

Тогда представление любого геологического объекта в виде системы, элементами или подсистемами которой являются взаимодействующие материальные части – партиалиты, будем называть партиалитным, а структуру системы – партиалитной.

Важно иметь в виду, что структура геологической системы носит иерархический характер: система делится на подсистемы, подсистемы – на меньшие подсистемы, которые, в свою очередь, делятся на элементы. Другими словами, система может выступать как иерархическая упорядоченность партиалитов. В качестве примера на рисунке показана иерархическая организация залежи углеводородов.



Уровни иерархической организации залежи углеводородов в нефтегазоносном литмите

1 - связь между уровнями (связь субординации); 2 - связь в пределах одного уровня (связь координации). Цифры по вертикали: 1 - ультрамикроразмер, 2 - микроуровень, 3 - мезоуровень, 4 - макроуровень, 5 - метауровень, 6 - мегауровень. P - реальности; П - псевдооолиты; НЧ, ГЧ, ВНЧ, ГНЧ - соответственно нефтяная, газовая, водонефтяная, газонефтяная части залежи

рассматривать объект как совокупность этих состояний, последовательных во времени, то мы получим процессуальное представление системы. Оно накладывается на материальное и атрибутивное представления.

При изменении характера процесса между партиалитами могут возникать новые отношения и взаимодействия, новый характер сопряженного изменения свойств, новое распределение их в пространстве. При этом исходные партиалитная, атрибутивная и процессуальная структуры могут перейти в новую структуру, отражающую состояние объекта в процессе функционирования. Эту структуру называют функциональной, и соответствующее ей представление системы также можно назвать функциональным.

Наконец, объект можно рассматривать как единое целое, находящееся в некотором окружении и неразрывно связанное с этим окружением. Имен-

Далее, диалектический материализм утверждает, что каждому материальному объекту присуще как угодно большое число свойств. Многие свойства объекта могут выступать как атрибуты материальных частей - партиалитов. В совокупности атрибутов могут существовать определенные отношения, что позволяет рассматривать эту совокупность как специфическую систему. Рассмотрение системы как некоторой совокупности атрибутов будет означать атрибутивное представление геологической системы. Оно как бы надстраивается, накладывается на материальное представление.

Во всяком материальном объекте протекают какие-либо процессы, обуславливающие его развитие. При этом между слагающими его партиалитами возникает определенные отношения, происходит сопряженное изменение их некоторых свойств, наблюдается определенная последовательность состояний объекта. Если теперь

но эта неразрывная связь с окружением придает целостному объекту системный характер. Представление системы как целого, свойства которого зависят от взаимодействия с системным окружением, называется целостным. При таком представлении центральным понятием является понятие системного окружения. Системное окружение есть совокупность всех объектов, изменение свойств которых влияет на систему, а также тех объектов, чьи свойства меняются в результате поведения системы. Однако очевидно, что изучение системы в целостном представлении возможно лишь после того, как сформулированы партиалитное, атрибутивное и процессуальное представления.

На все предшествующие представления, формирующиеся в рамках материальной действительности, при необходимости могут быть наложены соответствующие информационные и концептуальные системы, представляющие собой совокупности данных и понятий, с помощью которых мы конструируем, формулируем, выражаем свои представления о материальных системах; технические системы, необходимые для изучения и эксплуатации геологических объектов; организационные и экономические системы, необходимые для управления функционированием геологических и технических систем.

Существование указанных возможных представлений геологического объекта как системы означает, что при изучении одного и того же объекта могут выделяться и рассматриваться системы, слагающиеся из разных по своей сущности объектов, обладающие разными структурами, т.е. один и тот же объект выступает как некоторое множество систем, находящихся во взаимной обусловленности, хотя все время остается тем же самым геологическим объектом. Как говорит Л.А. Петрушенко, систем как таковых не существует. Вещь представляет собой бесконечное, неисчерпаемое множество систем. Неисчерпаемость материи не позволяет исчерпать все системы, в качестве которых может выступать любая вещь.

Чтобы получить возможность с пользой рассматривать геологический объект в качестве конкретной системы, необходимо опираться на определенные принципы. Эти принципы должны позволять выбирать из бесконечного множества систем, в качестве которых могут выступать объекты, именно ту систему, которая нам нужна.

Первым таким принципом, как указывает академик Д.М. Гвишиани, является принцип единства познавательных и преобразующих функций, составляющего одну из особенностей системного подхода. Это единство состоит в том, что научная деятельность должна быть направлена не только и не столько на познание явлений самих по себе, сколько на разработку способов практического овладения этими явлениями, на создание средств, позволяющих обеспечить эффективное изучение и управление изучаемым явлением, способствующих разрешению возникающих при этом проблем.

Второй важный принцип - принцип зависимости системных представлений об объекте и цели исследования или выделения системы. Разобраться во всем многообразии возможных функций объекта можно лишь в том слу-

чае, когда будет четко сформулирована цель наших познавательных или конструктивных действий, когда будет четко указано, с какой точки зрения мы хотим рассмотреть объект как систему, каково назначение системы, вычленяемой нами в объекте, какова основная функция этой системы. Наглядно это можно показать на таком примере.

Отношения между частями нефтегазонасыщенной толщи пород могут проявляться лишь в генетическом аспекте и в аспекте функционирования залежи при разработке. В первом случае, когда целью является, например, восстановление условий образования самой толщи нефтегазонасыщенных пород, возникших как результат процесса осадконакопления, структура толщи, сам факт существования различных слагающих ее частей, их характер являются отражением условий их образования, тех динамических процессов, которые привели к возникновению и последующему изменению этих частей, появлению их в том виде, в каком мы их сегодня наблюдаем. Во втором случае, когда целью является инициирование процессов фильтрации в пласте и извлечение нефти (или газа) из пород-коллекторов, также строится некоторое представление о структуре толщи. Однако выделение партиалитов происходит уже по-другому. Части, выделенные при решении генетических задач, оказываются, как правило, либо разбитыми на более мелкие тела, либо объединенными в более крупные тела.

Важно то, что в этих двух случаях нами выделяются разные системы, имеющие разные отношения с окружающей средой. В первом случае можно говорить о привносе вещества в область пространства, в которой формировалась система, об энергии внешней среды, способствующей как привносу осадков, так и внутренней энергии бассейна, обеспечивающей распределение осадков в его объеме, и т.п. Во втором случае можно и нужно говорить о способе воздействия внешней среды на уже существующий объект, о целенаправленном изменении его баланса вещества и энергии, о результатах этого внешнего воздействия, резко отличающихся от результатов, имеющих место в первом случае, и по форме, и по содержанию, и по их представлениям, и по последствиям их возникновения и т.д.

Системный подход позволяет осознать, что в рассмотренных случаях мы имеем дело с принципиально разными системами, хотя с одним и тем же геологическим объектом. При этом партиалиты как части материальной геологической системы могут выступать в виде естественно возникающих частей типа пластов, в виде искусственно выделяемых нами частей типа образцов и в виде частей, проявляющихся лишь в процессе нашего воздействия на объект, т.е. существующих виртуально. Первые из указанных партиалитов можно назвать реалиями, вторые – псевдооолитами, третьи – виртуалитами.

Проблема выделения геологических тел не нова. Известно, что геология – наука многообъектная, поэтому проблема выделения объектов исследования в ней всегда была важной. Очевидно, возможны два пути решения этой проблемы – индуктивный и дедуктивный. Первый предполагает длитель-

ное накопление фактического материала для неопровержимого доказательства существования объектов разного ранга, второй – построение иерархии геологических объектов с учетом задачи, для которой эта иерархия строится. Существенное различие между ними заключается в том, что при первом подходе в качестве партиалитов выступают только естественно существующие тела, при втором допустимо выделение и каких-то искусственных тел, если это необходимо для достижения поставленной цели.

Вместе с тем оба подхода должны опираться на концепцию уровней организации вещества, согласно которой иерархическая соподчиненность объектов выражается в том, что объекты более высокого уровня представляют собой не просто сумму более мелких объектов. При вхождении мелких объектов в более крупный они сначала образуют элементарную ячейку верхнего уровня, трансляция которой в пространстве и образует объект вышележащего уровня. В общем случае под элементарной ячейкой понимают минимальный объем, характеризующий состав и структуру однородного (по некоторым признакам) геологического тела. При этом элементарная ячейка выступает как некоторая система, характеризующаяся определенной целостностью. Эта целостность приводит к появлению у элементарной ячейки эмерджентных свойств, отличающих ее как от каждого из входящих в нее элементов, так и от простой их суммы.

Поскольку излагаемая концепция допускает выделение как естественно существующих, так и искусственных партиалитов, важную группу составляют принципы выделения элементов на каждом иерархическом уровне. Можно сформулировать несколько таких принципов, например, при рассмотрении залежи нефти как системы (см. таблицу).

1. В качестве элемента может быть выделена лишь такая часть нефтегазонасыщенного объема, о которой прямым или косвенным путем может быть получена необходимая информация.

2. На нижних уровнях иерархии в качестве элементов должны выступать только такие тела, которые бы позволили определить их абсолютное или относительное количество (например, возможность построения кривой распределения).

3. На верхних уровнях иерархии, где партиалиты имеют крупные размеры, выделение элементов должно обеспечивать возможность определения их местоположения и отображения на картах и профилях.

4. Если предполагается эксплуатация объекта, то элементы должны выделяться таким образом, чтобы могло существовать прямое или косвенное (через другие элементы) техническое воздействие на каждый выделяемый элемент.

Можно сформулировать еще принципы экономического и технологического характера, что важно при решении задач разработки.

Формулировка и применение указанных принципов позволяют установить предел деления геологического объекта на части, требующиеся для решения поставленной исследовательской или практической задачи, с учетом технико-экономических возможностей исследователя и производства.

Вертикальная
нефтегазообразования

Стадийность нефтегазообразования		Зональность распределения залежей УВ	Зональность
Стадия	Фаза	Подфаза	Подзона
Биохимического газообразования	Начальная	Газовая	Диагенез
Термокаталитического нефтегазообразования		Газовая и нефтегазовая	Протокатагенез
Главная		Газообразования	Нефтяная, газо-нефтяная, нефтегазовая, газонефтеконденсатная, газоконденсатная
	Затухания	Газовая	Апокатагенез

Опора на партиалитную структуру с учетом сформулированных выше положений позволяет найти выход из того бесконечного числа возможностей выделения системы, которое нам представляет любой объем геологического пространства. Однако бесконечное число возможностей изучать разные свойства и процессы, связанные с выделенной партиалитной структурой, никуда не исчезает, оно остается при выделении и изучении геологических систем. Этот факт необходимо учитывать. Такая необходимость неизбежно приводит к представлению о сложной системе, отражающей разные несравнимые аспекты характеристики объекта и включающей взаимосвязанный комплекс разных моделей, для описания которой необходимо использовать несколько языков. Сложная система сложна уже на элементарном уровне, т.е. каждый ее элемент является сложным только в указанном смысле.

Иерархическая организация, множественность свойств, процессов и стадий развития сложной геологической системы для адекватного ее описания требуют использования достаточно большого числа переменных, так как эти переменные будут специфичными для каждого из иерархических уровней строения объекта и для каждой из многих возможных линий его развития. Ведь каждый новый иерархический уровень представляет собой

зональность
и нефтегазоаккумуляция

Литогенеза	Тип коллектора			
	Платформа	Складчатая область		
Градация	Кварцевые песчаники	Полимиктовые песчаники и алевролиты	Биогенные и туфобиогенные силициты	Песчаные и алевритовые туффиты
ДГ	Поровый	Поровый	Поровый	Поровый и трещинно-поровый
ПК ₁ ПК ₂ ПК ₃			Поровый и трещинно-поровый	То же
МК ₁ МК ₂ МК ₃ МК ₄ МК ₅			Поровый тип трещинно-поровый	Трещинный
АК ₁ АК ₂ АК ₃	Порово-трещинный, трещинный	Трещинный		Кавернозно-трещинный

новую качественную определенность со всеми вытекающими отсюда последствиями. Объект можно рассматривать с позиций геохимии, геофизики, минералогии, литологии и т.д. Все это будет описанием объекта на разных языках, и разные описания должны быть сведены в единую сложную систему.

Представляется, что именно на разработку конкретных способов выделения материальных систем в геологическом пространстве и методов их описания как сложных систем, выделяемых с конкретными целями, должно быть в значительной мере направлено применение принципов системного подхода, в частности методологии системного анализа при решении научных и практических задач теоретической и прикладной геологии.

Н.И. Капустина, А.И. Оше, И.П. Шарапов

ТОНКОСТЬ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И ПАРАДОКС СРЕДНЕЙ

В системном подходе к обработке эмпирических данных геологии, биологии, химии и других наук существует неясность, как понимать систему. Говорят о естественном, целевом и мыследеятельностном подходах, но все они страдают ограниченностью. В естественном подходе понятие системы онтологизируется, в целевом – недооценивается сущность предмета исследования, а мыследеятельностный подход неясен из-за отсутствия определения системы.

На наш взгляд, системный анализ имеет гносеологическую природу. В нем используются различные методологические операции.

По словам К. Маркса, для того чтобы научиться мыслить, нужно прежде всего изучить историю мысли.

Теория системного анализа в естествознании была впервые предложена лет 50 назад биологом Л. Берталанфи [6, 7]. Но он определил систему слишком широко (как комплекс взаимосвязанных элементов). Позднее Ю.А. Урманцев дал более точное определение системы, используя понятие закона композиции.

В геологии системные исследования впервые проводились Ю.А. Косыгиным и В.А. Соловьевым [1]. Определение системы в науке дано по Л. Берталанфи, с небольшим изменением (вместо понятия взаимосвязи использовано еще более широкое понятие взаимоотношения). "Выбор элементов и отношений диктуется почти всегда целью исследования" [1, с. 9]. Из этого видно, что, по Ю.А. Косыгину и В.А. Соловьеву, цель исследования не всегда определяет сущность системного анализа, поэтому их подход к последнему нельзя считать таким ограниченным, как естественный, целевой или мыследеятельностный подходы. Ценным в этой работе является использование идеи изоморфизма в структурном анализе системы. Но, кроме выделенных на основании этой идеи статических, динамических и ретроспективных систем, можно было бы выделить и другие системы (кинематические, актуальные, проспективные и комбинированные, если исходить из принципа механики). Работа Ю.А. Косыгина и В.А. Соловьева [1] сыграла важную роль в обогащении геологии системным методом исследования.

В 1971 г. на XIII Международном конгрессе по истории науки в секции системных исследований были сделаны доклады Ю.А. Урманцевым (о созданной им общей теории систем), И.В. Крутем (о системном анализе в теории Земли), И.П. Шараповым (о применении системного анализа в геологии). Последний дал новое определение системы как предмета с выявленными эмерджентными свойствами [3], т.е. со свойствами целого, никаким анализом не выводимыми из свойств всех его частей. Примером

эмерджентности может служить свойство магнитности, присущее гейслеровым сплавам, т.е. сплавам некоторых немагнитных металлов (медь, алюминий, олово, магний и др.). Нет смысла подчеркивать сложность предмета, рассматриваемого в виде системы, так как эмерджентность не присуща простым предметам, в составе которых не выделены никакие элементы, компоненты или части. Говоря об эмерджентности, мы тем самым рассматриваем предмет как сложный.

Понятие эмерджентности оказалось трудным для некоторых геологов. Так, И.В. Николаева и Ю.П. Казанский, приведя определение системы, данное И.П. Шараповым, замечают, что оно "лишено смысла, так как невозможность никакими средствами установить общее свойство системы из ее компонентов доказывает отсутствие системы как таковой" [2, с. 54], и добавляют к этому: "В гносеологическом плане определение И.П. Шарапова ведет к агностицизму. Если учесть, что в науках о Земле общие свойства объектов выявляются, как правило, через отдельные компоненты, то с позиций И.П. Шарапова и всю геологию можно считать бессмысленным занятием. Выявить свойства целого изучением свойств компонентов позволяют корреляционные методы" [Там же]. В этих высказываниях неясно, что понимается под "общими свойствами системы" и "общими свойствами объекта". Ведь любой объект имеет аддитивные и эмерджентные свойства. Аддитивные свойства можно выявить разными методами, в частности корреляционным, а эмерджентные - только системным. Так, удельный вес гранита (аддитивное свойство) можно вычислить, исходя из удельных весов минералов, составляющих этот гранит. Способность же гранита послужить основанием для построения гипотезы о его генезисе (эмерджентное свойство) можно выявить только системным подходом [4].

Вторая из приведенных цитат противоречива. Если общие свойства объектов геологии выявляются через отдельные компоненты не всегда, а лишь "как правило", то очевидно, что иногда такое выявление все же возможно, а это означает, что с позиций И.П. Шарапова геологию нельзя считать бессмысленным занятием. Обвинение в агностицизме тоже ни из чего не вытекает.

Предмет, рассматриваемый в виде системы, может быть любым - и материальным (как естественным, так и искусственным), и нематериальным. В то же время это может быть одиночный предмет и собирательное единство многих предметов (мысленное представление многих предметов в виде "коллективного" предмета). Примеры: одиночный естественный предмет - Ямбургское месторождение горючего газа, одиночный искусственный предмет - буровая скважина 134 на Ямбургском месторождении, одиночный нематериальный предмет - менделеевская гипотеза неорганического происхождения нефти, коллективный естественный предмет - все газовые месторождения мира, коллективный искусственный предмет - все буровые скважины на Ямбургском месторождении или во всем мире на газо-

вых месторождениях, коллективный нематериальный предмет – все гипотезы неорганического происхождения нефти.

Каждый раз, предпринимая системный анализ, необходимо отдавать себе отчет, с каким предметом мы хотим иметь дело, т.е. дать его точное определение.

Ни в природе, ни в мышлении не существует только системных или только несистемных предметов исследования. Любой предмет можно рассматривать и как системный, и как несистемный. Если он рассматривается как системный, то это может быть одна из множества возможных систем в зависимости от цели исследования.

По общей теории систем Ю.А. Урманцева сущность системного подхода к предмету исследования состоит в том, что любой объект – система – рассматривается как элемент в системе объектов того же рода. Вместе с тем каждая система объектов может рассматриваться как совокупность объектов – систем, т.е. подсистем разновидностей определенного объекта. Если какое-то геологическое тело мы представляем в виде системы его частей или элементов, то законы строения этого тела мы можем приписать и другим телам того же рода и предсказать открытие новых тел.

Процедура системного исследования такова:

- 1) определение предмета исследования;
- 2) составление перечня всех частей (элементов или компонентов) индивидуального предмета, как найденных, так и предполагаемых (на основании определения), либо разновидностей коллективного предмета (на основании теории изомерии, как ее понимает Ю.А. Урманцев);
- 3) нахождение системообразующего отношения и закона композиции системы R и Z ;
- 4) открытие хотя бы одного эмерджентного свойства исследуемого предмета.

Польза системного подхода состоит в полноте исследования и в возможности прогнозирования.

Такова в общем концепция системного анализа И.П. Шарапова. Позднее появилось много других концепций, Общим недостатком большинства из них является недостаточная логичность. В них используется какая-либо одна методологическая операция – математизация, моделирование, аксиоматизация или какая-либо еще. В концепции же И.П. Шарапова используется комплекс операций – определение, описание, обобщение, группировка, предсказание и др.

Системное исследование должно быть связано с поисками закона функционирования предмета. Законом называется связь двух предметов, частей предмета или групп предметов, имеющая объективный, необходимый, общий (в соответствующей области) и инвариантный характер. Как логическая конструкция закон представляет собой связь двух нетривиальных суждений, в которой отражается следование одного суждения за другим [5].

Есть наука и метанаука. Каждая наука исследует свой специальный предмет, а метанаука исследует саму науку об этом предмете. Так, геология исследует земную кору, а метагеология – структуру и методы геологии.

Первая работа по метагеологии была опубликована в 1971 г. [8]. В ней изложена сущность этой науки и сформулированы ее проблемы (в том числе проблемы системного анализа). Подробное исследование системного анализа и связанных с ним теорий определения и классификации дано в монографии И.П. Шарапова [4].

С системным анализом связан метод группировок, который дал возможность вскрыть весьма интересный "парадокс средней". Суть последнего покажем на следующем примере.

На одном месторождении меди исследовалось содержание некоторого элемента – примеси в руде. При этом оказалось, что жильное оруденение беднее этим элементом, чем вкрапленное, т.е. чем содержание редкого элемента в боковой породе по соседству с рудной жилой. Это видно из следующих фактических данных:

Здесь и далее Р – запас руды, тыс. т; Э – запас элемента–примеси, т; С – содержание элемента–примеси, г на 1 т руды (оно определялось, как обычно, делением запаса элемента–примеси на запас руды).

Жильное оруденение			Вкрапленное оруденение			Отношение содержания
Р	Э	С	Р	Э	С	
743	13,2	1,78	505	9,6	1,9	0,94

Этот результат показался геологу странным, и он решил его проверить методом группировок, для чего разбил запасы по горизонтам и получил следующее:

Результат оказался прямо противоположным: по каждому из горизонтов жильное оруденение богаче вкрапленного. Оказывается, на содержание редкого элемента здесь сильно влияет глубина залегания рудного тела. Эта глубина и исказила первоначально полученный результат.

Горизонт	Жильное оруденение			Вкрапленное оруденение			Отношение содержания
	Р	Э	С	Р	Э	С	
Верхний	49	5,5	11,22	52	5,1	9,81	1,14
Нижний	694	7,7	1,11	453	4,5	0,99	1,12
По обобщенным горизонтам	743	13,2	1,78	505	9,6	1,9	0,94

В этом примере проявилась тонкость системного анализа, хотя число элементов, т.е. частей, в системе и очень малое (всего лишь два горизонта).

Для геолога должно быть святым правило: не доверять никакой средней до тех пор, пока не исследуешь ее методом группировки. При этом

"парадокс средней" может проявиться и тогда, когда число элементов (компонентов или частей) в системе более двух. Вот другой пример, показывающий справедливость данного утверждения.

На некотором месторождении основное полезное ископаемое содержится в рудном пласте, а элемент-примесь - в боковой породе. Содержание последнего в висячем боку подсчитано более бедным, чем в лежащем боку, но проверка этого результата методом группировок показала прямо противоположный результат, что видно из следующих данных:

№ участка	Висячий бок			Лежащий бок			Отношение содержания
	Р	Э	С	Р	Э	С	
1	370	12,0	32,4	242	7,0	28,9	1,12
2	220	21,9	99,5	125	11,3	90,4	1,10
3	430	17,2	40,0	130	4,8	36,9	1,08
4	50	10,0	20,0	53	1,0	18,9	1,05
По всем участкам	1070	61,1	40,2	550	24,1	43,8	0,92

В данном случае парадокс средней связан со степенью удаления от главного разлома (участки нумеровались в порядке их удаленности от разлома).

Парадокс средней проявляется не только в отношении элемента-примеси, но и во многих других отношениях: в содержании главного элемента, в величине мощности, объемного веса руды, в поправочном коэффициенте к запасам по данным контроля апробирования и во многих других случаях. В связи с этим предлагается проверять любую среднюю методом группировок, разделяя любую систему на подсистемы по тому или иному признаку. Такими признаками могут быть генезис объекта, минералогический или технологический тип руды, возраст объекта, характер вмещающих пород, глубина залегания геологического тела, метод разведки, метод опробования, время разведки, персональный фактор и многие другие. В отыскании фактора, искажающего общую среднюю, геолог должен перебрать различные факторы, чтобы обнаружить парадокс средней и попытаться объяснить его. Статистическая природа парадокса средней лежит в отношении асимметрий сравниваемых распределений.

На основании изложенного можно заключить, что системный анализ - это тонкая методологическая процедура, могущая привести к неверному результату, если исполнять ее механически. Необходим исследовательский подход к каждому отдельному случаю проведения этого анализа.

Л и т е р а т у р а

1. Косыгин Ю.А., Соловьев В.А. Статические, динамические и ретроспективные системы в геологических исследованиях//Изв. АН СССР. Сер. геол. 1969. № 6. С. 9-17.

2. Николаева И.В., Казанский Ю.П. Некоторые проблемы методологии литологических исследований//Методология литологических исследований. Новосибирск: Наука, 1985. С. 46-58.
3. Шаратов И.П. Системный анализ в геологии//Тр. XIII Междунар. конгр. по истории науки. Секция Ia-II. М.: Мысль, 1974. С. 141-143.
4. Шаратов И.П. Логический анализ некоторых проблем геологии. М.: Недра, 1977. 144 с.
5. Шаратов И.П. Исследование законов геологии. М., 1983. 171 с. Деп. в ВИНТИ, № 977-84.
6. Bertalanfi L.v o n. Theoretische Biologie. В.: Borntraeger Bd.1. 1932; Bd.2. 1942; 2nd ed. Bern: Francke, 1951.
7. Bertalanfi L.v o n. Allgemeine Sistemtheorie//Dt. Universitätszeitung. 1957. N 5/6.
8. Szararov I.P. Idee metageologie//Stud. filoz. 1971. N 3. S. 55-61.

УДК 553.98:551.7.022.4:(519.26)

Л.А. Буряковский, И.С. Джафаров, Р.Д. Джеваншир

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ И ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ СИСТЕМНЫХ ЗАДАЧ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Системный подход является методологией научного познания, в основе которой лежит представление объектов познания как систем путем раскрытия целостности объекта, выявления многообразия связей между его элементами, между объектом и внешней средой и сведение этих представлений в единую теоретическую картину с открытием специального (эмерджентного) свойства системы. Системный подход реализуется методами системного анализа, использующего ряд математических дисциплин. Главная процедура системного анализа - построение обобщенных моделей, отображающих реальную ситуацию; техническая основа - быстросрабатывающие вычислительные машины.

Большое методологическое значение имеет классификация систем, в частности, в естественных и технических областях знания. К этим областям относятся и геологические науки с их практическими применениями. Проблеме классификации систем посвящен ряд работ [1-7]. Следует обратить внимание на то, что все известные классификации систем являются, по существу, классификациями свойств как самих систем, так и элементов, составляющих ту или иную систему. Особенно четко это проявляется в области естественных и технических наук. Поэтому в предла-

гаемой классификации (рис. I) вместо классов систем присутствуют классы свойств или основных признаков систем, по которым и осуществляется их идентификация.

Способ классификации – параллельно–последовательный. В качестве классификационных критериев (оснований деления родового понятия "система") выбраны следующие признаки (свойства) систем: природа, масштабность, сложность, развитие во времени, характер и наличие связей с внешней средой, информация, способ описания (моделирования). По этим критериям выделяется восемь параллельных ветвей классификации, каждая из которых состоит из классов и подклассов признаков (свойств), образующих последовательность ветвь–класс–подкласс.

Объектом изучения геологических наук являются геологические системы. Понятие "геологическая система" обобщает различные специфические геологические термины, относящиеся к различным геологическим телам или объектам. Этому понятию в рамках прикладных геологических исследований можно дать следующее определение: геологическая система есть упорядоченная совокупность взаимодействующих природных элементов литосферы, связанных общей историей развития и закономерно образующих единое целое, обладающее специальным свойством, отсутствующим у отдельных элементов, его составляющих.

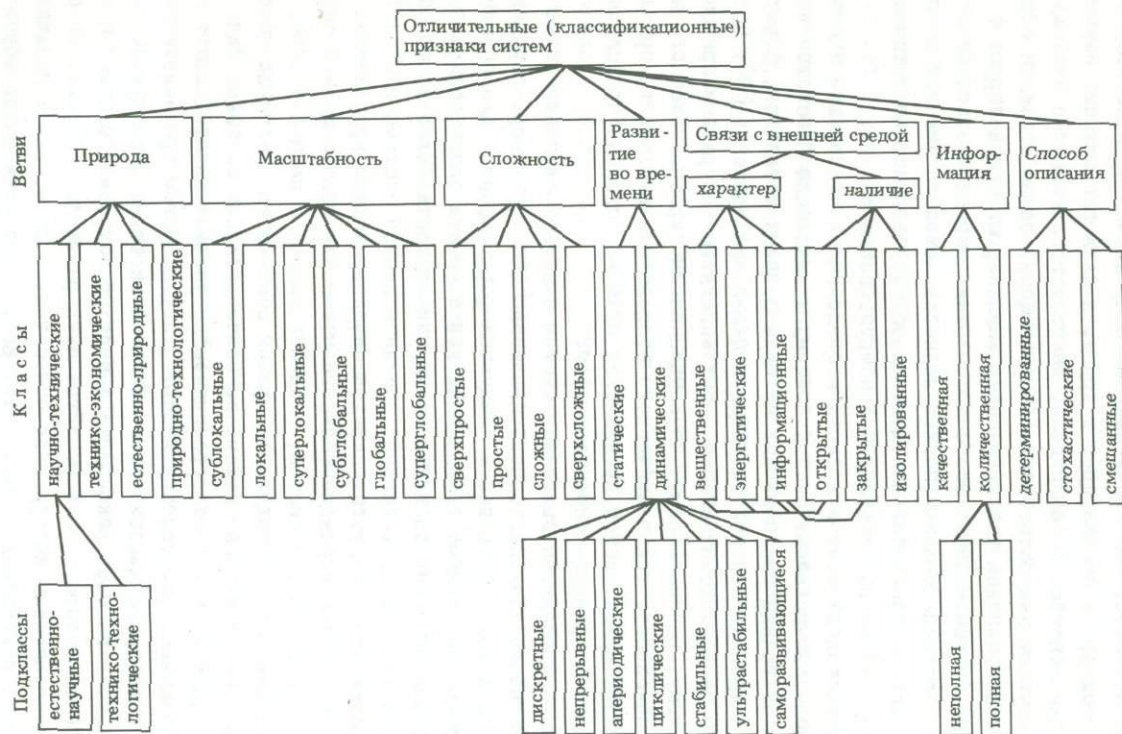
Геологическую систему, как и всякую другую, отличает прежде всего ее особое системное свойство, которое проявляется в целостности системы как естественного материального объекта. Выявление системного свойства системы в отличие от простой суперпозиции ее элементов, решаемой методами логического анализа и синтеза, – задача трудная и нетривиальная.

В современной геологической науке определилось три направления выделения систем: естественно–объектное, модельно–целевое и системодетальное [8].

Сторонники первого направления считают, что геологические системы существуют как объективная реальность в естественных геологических границах и задача исследователя состоит в нахождении этих границ и в изучении структурных и функциональных свойств геосистем в пределах этих границ.

Сторонники второго направления, отмечая вещественно–структурную реальность геологических объектов, в то же время считают, что при выделении геологических систем из данной объективной реальности большое, если не главное значение принадлежит целенаправленной деятельности субъекта, т.е. что в зависимости от целей и задач исследования из одной и той же объективной реальности могут быть выделены различные геологические системы, изучение которых возможно путем их физического или математического моделирования.

Сторонники третьего направления считают, что системный подход заключается в конструктивной деятельности субъекта, познающего данную объективную геологическую реальность, что позволяет решать различные



Р и с. 1. Классификация признаков (свойств) в естественных и технических областях знаний

теоретические и практические задачи, создавать новые предметы, отражающие реальные геологические объекты, на основе целеполагания при выборе объекта исследования, конструирования системного объекта деятельности, оптимизации процесса деятельности, контроля и управления деятельностью.

Следует отметить, что три указанных направления не находятся в антагонистическом противоречии друг к другу, а являются этапами изучения геологических систем. В самом деле, вначале геологические системы фиксируют и изучают как естественные образования, затем, главным образом при их технологическом использовании, анализируют и моделируют с целью познания их функциональных особенностей как природно-технологических систем, а системодетальный подход является методологической основой познавательной и созидательной деятельности, объединяя аналитический и синтетический этапы изучения и конструирования систем.

Авторы настоящей статьи в своих исследованиях наибольшее внимание уделяют модельно-целевому этапу; поэтому к выделению геосистем и к определению их границ они подходят на базе целевых установок, формулируемых для каждой конкретной ситуации и целей исследования [9]. Поскольку границы геологических систем могут выделяться по разным принципам – генетическому, региональному, по кондиционному уровню полезного ископаемого, по способу технологического воздействия и т.п., то при выделении геологических систем проявляется один из основных принципов естествознания – принцип относительности.

В связи с процедурой выделения систем следует остановиться на так называемых парадоксах системного мышления [10]. Например, парадокс иерархичности может быть дан в следующей формулировке: для описания любой системы необходимо ее описание как элемента более обширной системы, но для описания данной системы как элемента более обширной системы необходимо предварительное описание данной системы как системы.

Разрешение этого и других парадоксов, возникающих при системном подходе, возможно путем последовательного уточнения границ данной системы, отделяющих ее от других систем, входящих вместе с данной в более обширную. Первый шаг в определении границ системы опирается на целевой аспект вычленения данной системы из более обширной системы. Заданная цель исследования налагает ограничивающие условия на предполагаемые свойства системы. Эти условия являются первым шагом при выделении и описании системы как части более обширной системы. Последующие шаги осуществляются по мере накопления знания об изучаемой системе и о ее месте в более обширной системе. Этот путь разрешения парадоксов системного подхода основан на принципе относительности истины и наличия положительного приращения знания, т.е. разрешение парадоксов обусловлено принципиальной познаваемостью реального мира.

Условность выделения геологических систем является следствием того, что они, как правило, относятся к открытым системам, они обмениваются с внешней средой как веществом и энергией, так и информацией. По-

следнее является определяющим свойством не только геологических, но и любых природных и технологических, естественных и искусственных систем, позволяющим путем изучения структуры и поведения системы формировать научное знание, необходимое для технологического использования этих систем [11].

Следует отметить, что, хотя все геологические системы являются открытыми, закрытые (но не замкнутые, изолированные) системы широко используются в теории и практике геологических исследований. В сущности, любая теория, являющаяся ограниченной моделью геологического явления или процесса, практически представляет собой условно закрытую (квазизакрытую) систему. Почти все лабораторные эксперименты в области геологии (геохимии, геофизики) осуществляются в рамках квазизакрытых систем, при функционировании которых приходится отвлекаться от влияния окружающей среды. Залежь полезного ископаемого, особенно твердого, всегда рассматривается как закрытая система. С квазизакрытыми системами приходится оперировать и при разработке залежей нефти и газа, особенно если процесс нефтегазоизвлечения осуществляется без перемещения контура нефтегазоносности, например при режиме растворенного газа и т.п. Понятие о квазизакрытой системе значительно упрощает ситуацию и позволяет решать различные научные проблемы.

Одним из важнейших свойств любой системы является иерархия ее частей. Как правило, это свойство затрагивает только одну из ветвей классификации – масштабность. Обычно иерархически соподчиненные части системы отличаются не природой или физической сущностью, а масштабами. Например, система нефтегазоносного бассейна (НГБ) может быть подразделена на последовательно вложенные друг в друга подсистемы нефтегазоносных районов (НГР), комплексов (НГК), месторождений, залежей и т.д. без потери каждой из них общих геолого-физических черт, присущих системе НГБ.

В то же время единая система, в том числе и геологическая, может содержать элементы разной природы, разного агрегатного состояния, разной физической сущности.

Например, как система НГБ, так и подсистемы НГР, НГК, месторождений и залежей содержат такие части, как породы-коллекторы, природные резервуары, пластовые флюиды (нефть, газ, вода), тектонические, литологические и другие экраны и т.п. (в этом перечислении умышленно не сделано сопоставление частей систем на их дополнительность с тем, чтобы подчеркнуть их физическое различие). Очевидно, что такого рода части системы также являются подсистемами исходной системы и подобная иерархизация будет существенно отличаться от иерархизации по масштабу и в определенной мере по сложности строения подсистемы.

Если определить геологию как комплекс наук о составе, строении и развитии земной коры и Земли в целом, то задачи наук геологического цикла естественно делить на статические и динамические по способу учета времени. В статических, вещественно-структурных задачах время

фиксировано; в динамических задачах время изменяется дискретно или непрерывно, аperiodически или циклически в зависимости от конкретного геологического процесса. Динамические задачи геологии могут быть подразделены на прямые (физико-геологические) и обратные (историко-геологические, генетические, в широком смысле – ретроспективные). Такое деление в целом совпадает с предложением Ю.А. Косыгина и В.А. Соловьева [12] делить геосистемы на статические, динамические и ретроспективные – с тем отличием, что ретроспективные задачи являются, в сущности, обратными динамическими задачами.

Соотнося наши представления о геологических системах с предлагаемой общей классификацией, можно зафиксировать следующие основные черты геологических систем. Геосистемы относятся к естественно-природным или природно-технологическим системам с масштабностью от сублокальной до глобальной, являются сложными и сверхсложными. По развитию во времени эти системы, как правило, являются динамическими (в частных случаях – статическими). Связи с внешней средой могут осуществляться путем обмена веществом, энергией и информацией. Наличная информация зависит от стадии изучения геосистемы и может изменяться от нулевой (когда система еще не выделена) до полной количественной информации. Способ описания (или моделирования) – любой.

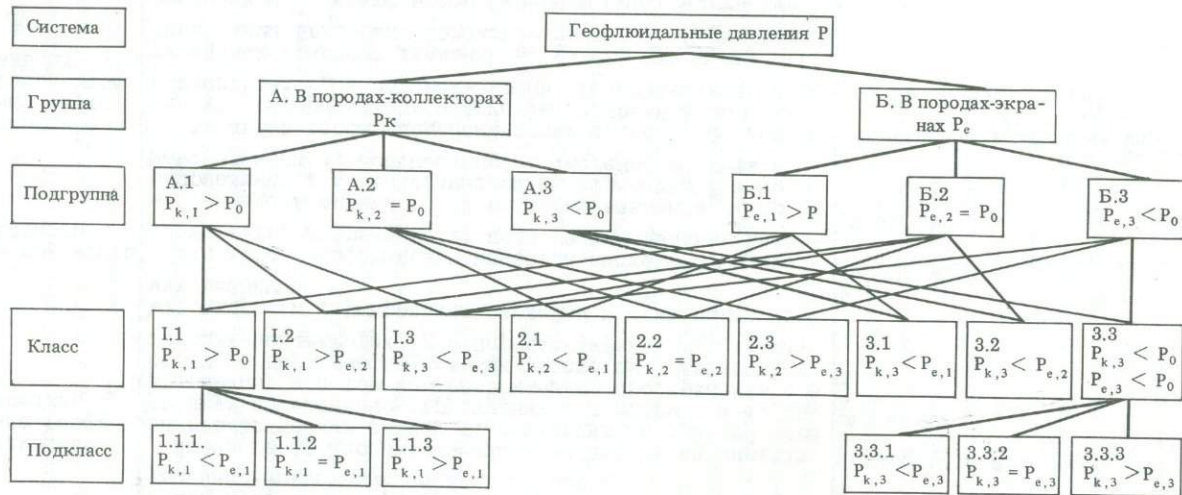
В качестве одной из системных задач рассмотрена проблема естественно-объектного и модельно-целевого представления и изучения геофлюидодинамических систем в связи с формированием, проявлением и прогнозированием геофлюидальных давлений. Иерархизация таких систем осуществляется делением на подсистемы различной природы (породы-коллекторы и породы-экраны, пластовые флюиды и др.). Сформулированы аксиоматические принципы описания и изучения геофлюидальных систем (см. таблицу) и разработана их универсальная классификация (рис. 2). Содержательная интерпретация предложенной классификации позволяет не только идентифицировать тот или иной класс с точки зрения генезиса и условий проявления входящих в него геофлюидальных систем, но и прогнозировать те системы, которые либо еще не наблюдались в природных условиях, либо характеризуются нечетким проявлением.

Системный подход к изучению геофлюидодинамических систем позволил также выявить и изучить взаимодействие и взаимовлияние между веществом горных пород и энергией, заключенной в них и в насыщающих их флюидах. В частности, впервые в природных условиях больших глубин выявлено инверсионное преобразование глинистых минералов группы гидрослюд в монтмориллонит под воздействием сверхвысоких давлений поровой жидкости и влияние изменения физико-химических свойств глин на геотермические параметры горных пород [13].

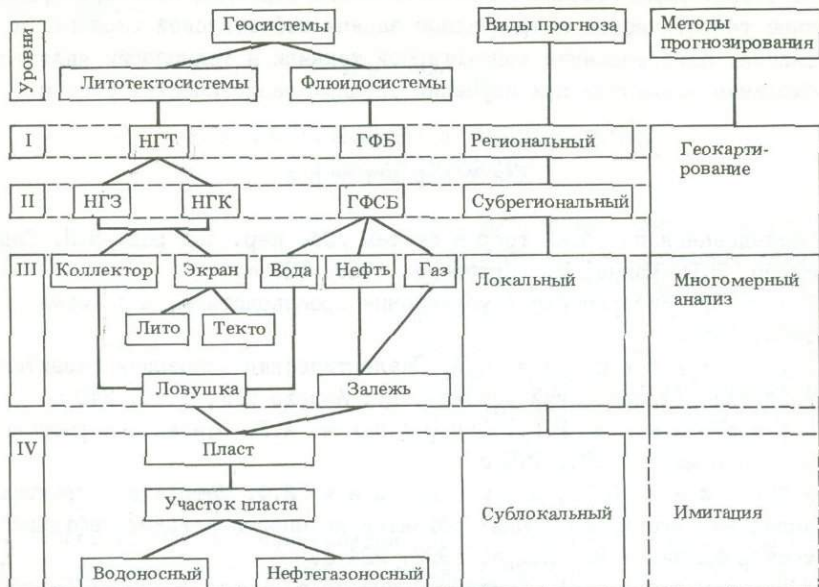
Другой проблемой явилось модельно-целевое и системодетальное представление задач геокартирования, моделирования геологических разрезов и свойств горных пород (рис. 3). При этом иерархизация геосистем осуществляется делением на подсистемы одинаковой природы, но

Система аксиоматических принципов теории геофлюидальных давлений

Принцип	Содержание принципа	Логико-математическая формулировка
Структурное пред- ставление геофлюи- додинамической сис- темы	Любая геофлюидодинамическая система GF из множества геологических систем G состоит по крайней мере из двух вещественно-структурных подсистем - пород-коллекторов K и пород-экранов E, таких, что каждая из них обладает собственной, отличной от другой структурой пустотного пространства \emptyset , определяемой фильтрационно-емкостными свойствами пород	$\forall GF \exists (K \wedge E) R(\emptyset_K \neq \emptyset_E),$ $\in G \in G$
Энергетическое соотношение геофлюи- додинамических подсистем	Любая геофлюидодинамическая система GF из множества геологических систем G, состоящая по крайней мере из двух вещественно-структурных подсистем K и E, одновременно и в том же геологическом пространстве состоит из двух геофлюидальных подсистем - давлений в породах-коллекторах P_K и породах-экранах P_E , таких, что скорости формирования давления в этих подсистемах различны	$\forall GF \forall (K \wedge E) \exists (P_K \wedge P_E) R(\dot{P}_K \neq \dot{P}_E),$ $\in G \in G \in GF$
Задание градиента геофлюидального давления	Для любой геофлюидодинамической системы GF существует вектор напряженности поля геофлюидальных давлений, представляющий собой градиент давления $\vec{\eta}$ по направлению X в геологическом пространстве S в момент времени t, соотнесенный с системой отсчета K	$\forall GF \vec{\eta} R(\vec{\eta} = -\text{grad}P(X, S, t, K))$ $G \in \{\vec{\eta}\}$
Энергетическое соотношение верти- кальных градиентов геофлюидальных давлений	Для любой геофлюидодинамической системы GF, состоящей из геофлюидальных подсистем давлений в породах-коллекторах P_K и породах-экранах P_E , существует вертикальный градиент давлений $\vec{\eta}$, такой, что между его значениями для обеих подсистем $\vec{\eta}_K$ и $\vec{\eta}_E$ и нормальным градиентом $\vec{\eta}_0$ имеют место бинарные соотношения нестрогого порядка	$\forall GF \forall (K \wedge E) \forall (P_K \wedge P_E) \exists \vec{\eta} R((\vec{\eta}_K, \vec{\eta}_E) \geq \vec{\eta}_0)$ $\in G \in G \quad \in GF \quad \in \{\vec{\eta}\}$
Разграничение геофлюидальных подсистем	Для любых случаев сочетания вещественно-структурных подсистем пород-коллекторов K и пород-экранов E между ними существует такая поверхность раздела C, что все точки \emptyset_C данной поверхности одновременно принадлежат каждой из подсистем	$\forall GF \forall (K \wedge E) \exists CR((C \leftrightarrow f(x_1, x_2, x_3) = 0) \wedge$ $\in G \in G \quad \in C \quad \wedge \forall \emptyset_C$ $\in (K \wedge E))$



Р и с. 2. Классификация геофлюидальных давлений



Р и с. 3. Макросистема иерархического подразделения и координации геосистем (объемов исследования) с видами и методами прогноза

разных масштабов (от нефтегазоносного бассейна до пласта и образца горной породы).

Решение задач осуществляется на ЭВМ по разработанным нами комплексам программ геокартирования, классификации пластов и моделирования разрезов, многомерного статистического и динамического моделирования физических свойств горных пород. Решение последней задачи основано на созданных нами теории и методах математического моделирования петрофизических систем, что позволило выполнить прогнозирование свойств пород-коллекторов и пород-экранов залежей нефти и газа на больших глубинах [9].

Такой подход позволил разработать методические основы автоматизированного прогноза, поисков и разведки месторождений нефти и газа, включая технологическую систему моделей иерархизированных геологических объектов от нефтегазоносного бассейна до пласта или пластопересечения в скважине и математическое обеспечение для ЭВМ.

Эти задачи решены на исходном геолого-геофизическом материале терригенных пород, развитых на территории Азербайджана, в шельфовой зоне Южного и Среднего Каспия, на Сахалинском шельфе Охотского моря, и карбонатных нефтегазоносных коллекторов Евфратской впадины на территории северо-восточной части Сирии.

Предложенные методологические принципы изучения естественных геологических систем и искусственных систем, являющихся их моделями,

вкпе с системодетельным гносеологическим подходом позволяют решать сложные теоретические и прикладные задачи нефтегазовой геологии и геофизики. Использование компьютерной техники и технологии является необходимым элементом при изучении сложных геологических систем.

Л и т е р а т у р а

1. Исследования по общей теории систем /Сб. пер. под ред. В.Н. Садовского, Э.Г. Юдина. М.: Прогресс, 1969. 520 с.
2. Б и р Ст. Кибернетика и управление производством. М.: Физматгиз, 1963. 275 с.
3. К у р а ж к о в с к а я Е.А. Диалектическая концепция развития в геологии: (Философский аспект). М.: Изд-во МГУ, 1970. 240 с.
4. К р а в ч е н к о Р.Г., С к р и п к а А.Г. Основы кибернетики. М.: Экономика, 1974. 279 с.
5. К а н а л и н В.Г., Д е м е н т ь е в Л.Ф. Методика и практика выделения эксплуатационных объектов на многопластовых нефтяных месторождениях. М.: Недра, 1982. 224 с.
6. Б е л о у с о в А.Ф. Системный анализ в науках о Земле//Геология и геофизика. 1979. № 9. С. 3-12.
7. К р у т ь И.В. Введение в общую теорию Земли. Уровни организации геосистем. М.: Мысль, 1978. 367 с.
8. Системный подход в геологии: Теоретические и прикладные аспекты: Тез. докл. на Всесоюз. конф. 17-19 мая 1983 г. М.: МИНХиГП им. И.М. Губкина, 1983. 323 с.
9. Б у р я к о в с к и й Л.А., Д ж а ф а р о в И.С., Д ж е в а н ш и р Р.Д. Прогнозирование физических свойств коллекторов и покрышек нефти и газа. М.: Недра, 1982. 200 с.
10. С а д о в с к и й В.Н. Парадоксы системного мышления//Системные исследования: Ежегодник, 1972 г. М.: Наука, 1972. С. 133-146.
11. Б у р я к о в с к и й Л.А., Д ж а ф а р о в И.С. Информационное моделирование процесса познания геологических систем//Изв. АН АзССР. Сер. наук о Земле. 1984. № 1. С. 9-15.
12. К о с ы г и н Ю.А., С о л о в ь е в В.А. Статические, динамические и ретроспективные системы в геологических исследованиях //Изв. АН СССР. Сер. геол. 1969. № 6. С. 9-17.
13. Б у р я к о в с к и й Л.А., Д ж е в а н ш и р Р.Д. Взаимосвязь и взаимовлияние трансформации глинистых минералов с термобарическими условиями недр//Геохимия. 1986. № 4. С. 512-521.

Б.И. Смирнов

КОНСТРУИРОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И КЛАССИФИЦИРОВАНИЕ

...Дело науки — анализировать...
лабиринты взаимосвязанных элемен-
тов, выделяя ряд сущностей и черт
и сосредоточиваясь на них в надеж-
де достигнуть лучшего понимания
целого после того, как выделенные
части наконец поставлены снова на
соответствующее место.

М. Бунге

Долгое время классифицирование было, пожалуй, единственным сред-
ством систематизации научного знания. Однако начиная со второй поло-
вины нашего века традиционные приемы классифицирования перестали
удовлетворять исследователей. Все чаще при изучении сложных объектов
и особенно их совокупностей (популяции в биологии, ландшафты в гео-
графии, парагенезисы в геохимии и минералогии и т.п.) классификацион-
ные построения оказываются либо малозффективными, либо трудноосущест-
вимыми. Дело в том, что традиционное классифицирование игнорирует
все многообразие взаимосвязей как между объектами, так и между частя-
ми объектов. Во внимание принимаются лишь отношение тождества и раз-
личия: элементы, объединяемые в один класс, полагаются неотличимыми;
в свою очередь, различие классов, каждый из которых сложен тождест-
венными друг другу элементами, абсолютизируется.

Математической экспликацией рассмотренного выше классифицирующего
отношения является отношение эквивалентности ($R_{\mathcal{E}}$), обладающее следую-
щими свойствами: а) рефлексивностью: всякий элемент m_K эквивалентен
самому себе, $m_K R_{\mathcal{E}} m_K$; б) симметричностью: $m_K R_{\mathcal{E}} m_1 \Rightarrow m_1 R_{\mathcal{E}} m_K$; в) транзит-
ивностью: $m_K R_{\mathcal{E}} m_1$ и $m_1 R_{\mathcal{E}} m_{II} \Rightarrow m_K R_{\mathcal{E}} m_{II}$. Любая классификационная процеду-
ра, основанная на отношении эквивалентности, с необходимостью приво-
дит к разбиению исходного множества элементов на непересекающиеся
подмножества (классы).

Игнорирование взаимосвязанности различных свойств, сторон природ-
ных объектов неизбежно ведет к появлению элемента метафизичности в
естественнонаучном знании. Оценивая подобную ситуацию с гносеологи-
ческих позиций, нетрудно прийти к выводу, что такая вольная или не-
вольная уступка метафизическим тенденциям обусловлена недооценкой
для современного естествознания научной концепции детерминизма и, в

частности, неумением правильно и эффективно применять в конкретных исследованиях ее категориальный аппарат. Не обсуждая всех категорий, в которых воплощается диалектико-материалистическое понимание детерминизма, остановимся лишь на двух из них, предлагающихся в качестве исходных. К ним относят категорию связи и категорию обособленности [3].

Взаимодействие вещей, т.е. появление между ними отношений зависимости, выражается в том, что определенные изменения свойств и состояний одной вещи вызывают изменения в другой. Однако такое взаимодействие возникает лишь тогда, когда между вещами существует определенное различие. Полностью тождественные вещи не могут взаимодействовать, так как в этом (предельном) случае не будет происходить обмен веществом, энергией и информацией. Вместе с тем вещи, различающиеся абсолютно во всех отношениях (еще один предельный случай), также не могут вступать во взаимосвязи, ибо у таких вещей отсутствует какое-либо тождественное свойство, служащее основанием связи. Следует отметить, что указанные предельные ситуации в материальном мире нереальны: "Всякая вещь с одними вещами находится в связи, с другими – в обособлении, с одними взаимодействует, с другими сосуществует. Более того, связь в одном отношении обозначает обособленность в другом отношении. Обособленность существует благодаря связи, она выступает оборотной стороной связи" [3, с. 7]. Отсюда следует, что категории связи и обособленности находятся в диалектическом единстве, абсолютизация любой из них приводит к существенному искажению или упрощению реальной картины мира.

Таким образом, традиционное классифицирование, опирающееся на процедуру разбиения исходного множества на основе отношения эквивалентности, продуцирует обособленные классы не взаимодействующих (из-за их тождественности – по определению) элементов. Однако в действительности классифицируемые объекты находятся в гораздо более сложных взаимоотношениях. Вот почему во многих важных для нас ситуациях классификация оказывается слишком упрощенной моделью реального мира. Характерно, что ни дополнительная информация об исследуемых объектах, ни привлечение математических средств (числовая таксономия, кластер-анализ и т.п.) не устраняют этого недостатка. С этой точки зрения любая классификация всегда искусственна, что, разумеется, совершенно не означает ее ненужности, бесполезности. Напротив, без классифицирования невозможно обойтись, особенно на начальных этапах исследования, когда на первый план выходит задача целесообразной дискретизации изучаемого объекта. Однако при переходе к более сложным задачам, связанным, например, с решением генетических вопросов, информация, получаемая в результате классифицирования, оказывается явно неполной. Здесь уместно вспомнить известное высказывание В.И. Ленина: «Чтобы действительно знать пред-

мет, надо охватить, изучить все его стороны, все связи и "опосредствования"» [1, с. 290].

Поиск новых общенаучных подходов, позволяющих рассматривать объекты любой сложности в их взаимосвязанности, не теряя при этом из виду разнообразия слагающих их компонентов, привел к созданию системного метода. Сразу же отметим, что широко развернувшееся в современной науке системное движение далеко не однородно. В геологии, в частности, наблюдается несколько более или менее самостоятельных течений, среди которых наиболее перспективно, на наш взгляд, так называемое конструктивное направление [6]. В его основе лежат следующие принципы.

1. Любым природным телам, являющимся продуктами (и одновременно агентами) геологических процессов, присуща организованность.

2. Любая фрагментаризация природы носит модельный характер.

3. Любой объект и любая их совокупность могут быть представлены различными моделями, тело которых не ограничено.

4. Любая модель, каким бы способом она ни была построена, обладает познавательной ценностью только в том случае, если она сконструирована в соответствии с целями и задачами, возникающими в процессе научно-практической деятельности человечества.

Отсюда видно, что системное представление изучаемого объекта сводится к конструированию некоторой специальной модели, ориентированной на обнаружение и исследование целостности этого объекта.

Вслед за А.И. Уемовым [7] определим систему (S) как множество объектов ($M = \{m_1, m_2, \dots, m_k, \dots\}$), на котором реализуется отношение (R) с заранее заданным свойством (P): $S = \text{def}[R(m_k)]P$.

Опираясь на это определение, процедуру конструирования систем можно представить в виде последовательности $P \rightarrow R \rightarrow S$. Конкретизируем эту общую схему применительно к задачам и объектам геохимии.

Множество химических элементов, обнаруженных в некотором заданном объеме геологического пространства, будем рассматривать как возможный субстрат системы. Чтобы отобрать из этого множества элементы, принадлежащие одной системе, необходимо вначале выяснить, какое свойство системы для нас особенно важно (с точки зрения решаемой задачи), а затем определить класс отношений, позволяющих в той или иной форме зафиксировать степень проявленности этого свойства. Эти проблемы подробно обсуждались нами ранее [4-6], поэтому здесь мы изложим их весьма кратко. Прежде всего уточним, что задачи, которые мы собираемся решать с помощью системного метода, будут связаны с выяснением условий формирования исследуемого объекта, с выявлением факторов F, управляющих формированием его геохимической специфики, и т.п., т.е. эти задачи будут носить явно выраженный генетический характер. Напомним, что в геохимии классифицирование наименее эффективно.

Определив задачу, можно приступить к выбору базового свойства P. Ясно, что в данном случае P должно выражать характер взаимодействия

системы и среды, формирующей систему. Тогда общесистемным может быть названо такое свойство: высокая степень сходства геологической истории элементов, принадлежащих одной системе. Общность геохимического поведения таких элементов обусловлена совпадением путей и форм их миграции, идентичностью условий, благоприятствующих их концентрированию или, напротив, рассеянию.

Из-за пространственно-временной масштабности геологических процессов непосредственное наблюдение за их протеканием неосуществимо. Можно, однако, полагать, что современный облик геохимических объектов несет следы этих процессов. Важным источником информации такого рода являются сведения о содержаниях химических элементов.

Обозначим символом J множество точек, в которых произведены измерения концентраций химических элементов, а символом M - множество элементов, обнаруженных в исследуемом геохимическом объекте ($M = \{m_k: k = 1, \dots, p\}$). Содержание k -го элемента в j -й точке объекта запишем как y_{jk} , тогда совокупность значений $\{y_{jk}: j = 1, \dots, J; k = 1, \dots, p\}$ образует матрицу Y размерности $J \times p$.

Содержания k -го элемента зависят от значений факторов F_k , воздействующих на этот элемент:

$$Y_k = \psi_k(F_k), F_k \subseteq F.$$

Аналогично, для 1-го элемента имеем

$$Y_1 = \psi_1(F_1), F_1 \subseteq F.$$

Можно полагать, что формирование концентраций различных элементов управляется различными комплексами факторов:

$$F_k \cup F_1 = F^{(0)}; F_k \cap F_1 = F^{(s)}.$$

Подмножество $F^{(s)}$, объединяющее факторы, общие для некоторой группы элементов, выступает в качестве регулятора ее целостности. Если вклад $F^{(s)}$ достаточно велик (в рамках $F^{(0)}$), то соответствующая группа элементов приобретает черты системного объекта. Путем исследования соответствующих моделей можно показать, что, чем больше вклад факторов $F^{(s)}$ в эволюцию объекта, тем выше степень связанности составляющих его компонентов, тем больше общих черт в характере их функционирования. Отсюда следует, что системообразующее отношение R_s должно в той или иной форме отражать действие общих факторов $F^{(s)}$. Применительно к геохимическим объектам отношение R_s удобнее всего выразить через сопряженность концентраций элементов, составляющих эти объекты.

С этих позиций геохимическую систему можно определить как совокупность сонаходящихся в конкретном природном объекте химических элементов (M), характеризующихся общностью их геологической истории (P), что проявляется в сопряженности их концентраций (R_s).

Для оценки степени сопряженности может быть использована подходящая статистическая мера связи, например коэффициент корреляции K . Пир-

сона (ρ). Последний, как известно, обладает следующими свойствами:

$$-I \leq \rho(Y_K, Y_1) \leq I, \quad (1)$$

$$\rho(Y_K, Y_K) = I, \quad (2)$$

$$\rho(Y_K, Y_1) = \rho(Y_1, Y_K). \quad (3)$$

Из свойств (2) и (3) вытекает, что бинарные отношения между компонентами $\{m_k: k = 1, 2, \dots\}$, опирающиеся на меры связи ρ , характеризуются рефлексивностью и симметричностью. Иначе обстоит дело с транзитивностью. Рассмотрим достаточно общую ситуацию:

$$F_K \cap F_1 = F', F' \neq \emptyset, \text{ тогда } \rho(Y_K, Y_1) \neq 0 \text{ и } m_K R_S m_1;$$

$$F_1 \cap F_{II} = F'', F'' \neq \emptyset, \text{ тогда } \rho(Y_1, Y_{II}) \neq 0 \text{ и } m_1 R_S m_{II}.$$

Условимся, что для m_K, m_{II} общих факторов нет, т.е. $F_K \cap F_{II} = \emptyset$; отсюда $\rho(Y_K, Y_{II}) = 0$ и соответственно для данной пары компонентов отношение R_S не реализовано.

Итак, из $m_K R_S m_1$ и $m_1 R_S m_{II}$ не следует с необходимостью $m_K R_S m_{II}$, т.е. отношение R_S не транзитивно. Предложено такое рефлексивное и симметричное отношение называть отношением толерантности [2]. В отличие от эквивалентности отношение толерантности не требует от элементов одного класса их полной идентичности; достаточно, если эти элементы будут лишь сходны. В общем случае это приводит к пересечению классов (систем), что не должно рассматриваться как недостаток. Напротив, внимательное изучение областей пересечения позволяет получить дополнительную нетривиальную информацию об обстоятельствах формирования исследуемых объектов.

Своеобразной иллюстрацией более высокой информемкости системной группировки по сравнению с результатами разбиения на основе отношения эквивалентности являются известные к настоящему времени геохимические классификации элементов В.М. Гольдшмидта, В.И. Вернадского, А.Е. Ферсмана, А.Н. Заварицкого, Е. Садецки-Кардоша и др. Стремление к строгому следованию канонам традиционного классифицирования (разбиение множества на непересекающиеся множества) приводит либо к нарушению требования единства основания классификации (В.И. Вернадский, А.Н. Заварицкий), либо к сильно выраженной огрубленности составов классов (Е. Садецки-Кардош, В.В. Щербина). Пересекаемость классов и тем самым отказ от процедуры разбиения мы видим в классификациях В.М. Гольдшмидта и А.Е. Ферсмана. Эти классификации, казалось бы, теряют в строгости и стройности — отдельные химические элементы попадают в разные группы. Например, галлий, по В.М. Гольдшмидту, должен быть отнесен и к литофильным, и к халькофильным, и к сидерофильным элементам. Однако эта потеря "стройности" оборачивается выигрышем, ибо в этом случае мы получаем более детальную информацию о геохимическом поведении элементов.

Л и т е р а т у р а

1. Л е н и н В.И. Еще раз о профсоюзах, о текущем моменте и об ошибках гг. Троцкого и Бухарина//Полн. собр. соч. Т. 42. С. 264-304.
2. З и м а н Э., Б ь ю н е м а н О. Толерантные пространства и мозг //На пути к теоретической биологии. М., 1970. С. 134-144.
3. П а р н ю к М.А. Концепция детерминизма в диалектическом материализме//Современный детерминизм и наука. Новосибирск: Наука, 1975. Т. I. С. 3-15.
4. С м и р н о в Б.И. Статистические методы в геологии. Львов: Вища шк., 1977. Ч. 2. 120 с.
5. С м и р н о в Б.И. Корреляционные методы при парагенетическом анализе. М.: Недра, 1981. 176 с.
6. С м и р н о в Б.И. Математическое обеспечение системного анализа в геологии//Методологические проблемы геологии нефти и газа и их связь с практикой. Новосибирск: Наука, 1986. С. 204-211.
7. У е м о в А.И. Методы построения и развития общей теории систем. М.: Наука, 1971. 18 с.

УДК 55.001.8

Н.М. Фролов

МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ НАУК О ЗЕМЛЕ

Под термином "методология" понимается система приемов осознания устройства науки и выработки стратегии достижения ее цели в отличие от метода, под которым понимается способ решения задачи.

Необходимость ускорения научно-технического прогресса и интенсификации геологоразведочного производства требует определения стратегии развития наук о Земле и дальнейшего опережающего развития фундаментальных исследований. В решении этих важнейших задач ключевую роль играют методологические проблемы, так как методологизация научно-исследовательских работ – это основной путь повышения их эффективности.

К числу первостепенных методологических проблем относится и выяснение общей структуры наук о Земле, а также структуры каждой из наук, входящих в эту систему. Проблема важна и актуальна не только потому, что в итоге ее решения устанавливаются внутренние связи между различными науками о Земле и разделами внутри науки, но также и в связи с необходимостью определения места науки о Земле в целом в системе общего знания и установления связей со смежными науками, что необходимо для эффективной координации работ, исключения дублирования как в исследованиях, так и в организации работ. В итоге можно также обосно-

ваннее и объективнее выбрать наиболее рациональные пути и определить перспективы, закономерности развития науки, создать оптимальную сеть научно-исследовательских организаций и разработать рациональную структуру каждой из них или структуру различного рода справочно-информационных систем или изданий, комплексных программ, что в целом и должно способствовать ускорению научно-технического прогресса, главная цель которого – удовлетворение растущих потребностей общества.

Создание системы основных идей науки и поиск места конкретной науки в системе знаний более высокого ранга являются важнейшей методологической проблемой высшего этапа развития каждой науки, характеризующегося системным подходом к объекту исследований, поисками связей между его компонентами, т.е. стремлением к упорядоченности с помощью принципов целостности и иерархической структуризации. К сожалению, науки о Земле все еще отличаются неупорядоченностью их понятийно-терминологической базы, что затрудняет приведение основных идей этих наук в систему. Соответствующие принципы структуризации наук условно можно объединить в три основных группы: инвентаризации; по формам движения материи (ФДМ); по наличию объекта и предмета, цели и задач, метода и средств.

Общий и главный недостаток этих принципов – отсутствие объективных критериев, за что они подвергались критике. Так, использование первого принципа (инвентаризации) системы не дает результата, так как при этом увязываются между собой только термины, которые в создаваемой схеме не занимают строго определенного места, а один элемент целого обозначается порой двумя символами и более. Чтобы определить степень фундаментальности конкретной науки, опираясь на закономерности эволюции основных ФДМ, и привести затем в систему науки, выделенные в качестве фундаментальных, необходимы критерии того, что следует считать основной ФДМ. На практике каждый, кто стремится обосновать необходимость выделения той или иной науки в качестве самостоятельной, находит и особую ФДМ.

Очень привлекательным и дееспособным выглядит на первый взгляд третий принцип. Однако практика показывает, что даже профессионалы высокого класса часто не в состоянии выделить достаточно определенно свой объект и предмет исследований из множества объектов и предметов исследований родственных наук, которых в области знаний о Земле выделяется уже около 100. Многие из этих так называемых наук являются по существу разделами одной науки, а порой имеют даже единый объект и предмет исследований. Определить же в таком случае наличие факта синонимии без специальных исследований не всегда удается. Например, сейчас насчитывается около двух десятков названий научных дисциплин, в которых

изучаются только минералы и горные породы. Однако более или менее определенные разграничения в объекте и предмете большинства этих дисциплин найти нельзя. Неясности начинаются уже в определениях основных ключевых терминов, приводимых даже в "Геологическом словаре" последнего издания (1978 г.). Петрография здесь определяется, например, как наука, изучающая горные породы с точки зрения их минералогического и химического состава, геологических особенностей. Указывается также, что под петрографией в узком смысле слова понимают обычно только описательную часть этой науки, а часть исследователей понимают ее в том же объеме, что и петрологию, т.е. воспринимают эти два термина уже как синонимы. Но в определении "петрология" указывается, что это наука, всесторонне изучающая только магматические и метаморфические горные породы. Осадочными же горными породами занимается литология. При этом она изучает их состав, структуру, текстуру, генезис и даже осадочные руды. Следовательно, понятие, обозначаемое термином "петрография", с одной стороны, шире петрологии и литологии, так как изучает все горные породы, с другой стороны, более узкое, так как в отличие от них занимается только описательной частью. Определить в таком подходе, что является элементом чего, невозможно.

Кроме того, если даже не обращать внимания на наличие за рубежом синонима у литологии (седиментология), "размывается" граница в ее определении и с металлогенией – разделом учения о полезных ископаемых вообще. Получается, что этот раздел шире литологии, так как изучает не только осадочные полезные ископаемые, но в то же время и более узок, так как изучает только полезные ископаемые. Продолжать бессмысленно, потому что в конце концов каждая из многочисленных геологических дисциплин оказывается частью другой и одновременно включает ее как элемент. Это убедительный признак полного отсутствия упорядоченности, предусматривающей прежде всего иерархизацию дисциплин.

Ф. Энгельс говорил, что указать каждому члену ряда свое место в системе природы – значит познать отдельное. Определение места каждой науки в системе наук со структурной стороны, по представлениям Е.М. Кедрова, выражает собой совокупность всех связей и отношений между данной наукой и смежными, а с генетической – определенную ступень развития научного познания самого внешнего мира. Место науки можно определить при глубокой и подчиняющейся определенным правилам систематизации наших знаний. Но никакая систематизация, в свою очередь, невозможна без упорядочения понятийно-терминологической базы. Найти место объекту или предмету исследований можно лишь в том случае, если мы сможем его опознать и мысленно выделить из массы других. Сделать это по приводимым в "Геологическом словаре" определениям совершенно невозможно. Словарь необходимо переработать на основе генерализации знаний в нау-

ках о Земле, что можно осуществить путем создания системы основных понятий каждой науки, а также системы наук о Земле.

Такие попытки предпринимались многократно, но все они по разным причинам не привели к созданию приемлемой системы наук о Земле и их объектов, за что подвергались справедливой критике многими исследователями. Объективная трудность решения проблемы заключается в том, что в природе, как известно, имеется бесчисленное множество различных материальных систем и каждая из них обладает специфическими свойствами и отношениями. Человек имеет поэтому неограниченные возможности в выборе признаков при конструировании их модели. Поскольку существующие принципы структуризации наук оказались недееспособными, автором предложен четвертый принцип – принцип структуризации и иерархизации науки путем сопоставления специальных категорий рассматриваемой области знаний с основными философскими категориями, включая и ФДМ. Суть принципа в том, что если каждую основную философскую категорию удастся сопоставить со специальной категорией рассматриваемой области естествознания, то она, следовательно, располагает собственными фундаментальными понятиями, а их положение в системе сопоставления указывает одновременно на их ранг, соподчиненность (табл. I).

Т а б л и ц а I

Система основных философских категорий наук
о Земле

К а т е г о р и я				Наука
Философская		Специальная		
Материя	Вещественная		Планета Земля	Геономия
	Невещественная		Поля Земли	
Способ существования материи	Движение (основные формы)	Механическая	Механическое движение геологических тел на Земле	Геодинамика
		Физическая	Физические процессы на Земле	Геофизика
		Химическая	Миграция химических элементов на Земле	
Всеобщие формы бытия материальных систем и процессов	Пространство		Природная зональность Геосфера	География (физическая)
			Земля твердая	Геология
Время		Эволюция Земли		Историческая геономия (геокоsmология)

Эта система отличается от опубликованной автором ранее [2, 3]. В ней устранены два "слабых" места. Во-первых, несмотря на убедительность приведенной ранее аргументации, сочтено более целесообразным не выделять отдельно на первом уровне водообмен из общего массообмена, в связи с чем отпала необходимость и в новом термине "геоаквология", хотя он и предлагался для существующего понятия (наука о водной оболочке Земли - гидросфере и гидрогеосфере, т.е. наука, интегрирующая гидрогеологию и гидрологию). Во-вторых, число основных философских категорий ограничено понятием материя, а также формами ее существования и бытия. Но устранив одни слабые места, мы тут же встречаемся с другими. Так, пытаясь конкретизировать основные ФДМ, опять сталкиваемся с проблемой, какие ФДМ считать основными. Ничего лучшего, как оставить три основные ФДМ для неживой природы из выделенных Ф. Энгельсом пяти, по-видимому, не найти (см. табл. 1). Но и это не все. Трудно и выбрать из основных понятий в науках о Земле то, что можно поставить в соответствие этим ФДМ. Как, например, разграничить то, что изучает геофизика и что геодинамика. Ведь, в сущности, в обоих случаях речь идет о физической ФДМ. Как в геодинамике, так и в геофизике изучаются физические процессы, и разграничение в предмете исследований может быть довольно условным (табл. 2). Потребовалась существенная редакция и определений некоторых других наук о Земле, так как при сведении их в систему особенно зримо обозначились противоречия и обилие синонимов. Здесь нет возможности разбирать ход исследований, и автор надеется, что внимательный читатель проследит это сам (см. табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Схема иерархии теоретических дисциплин о Земле
и критерии их выделения

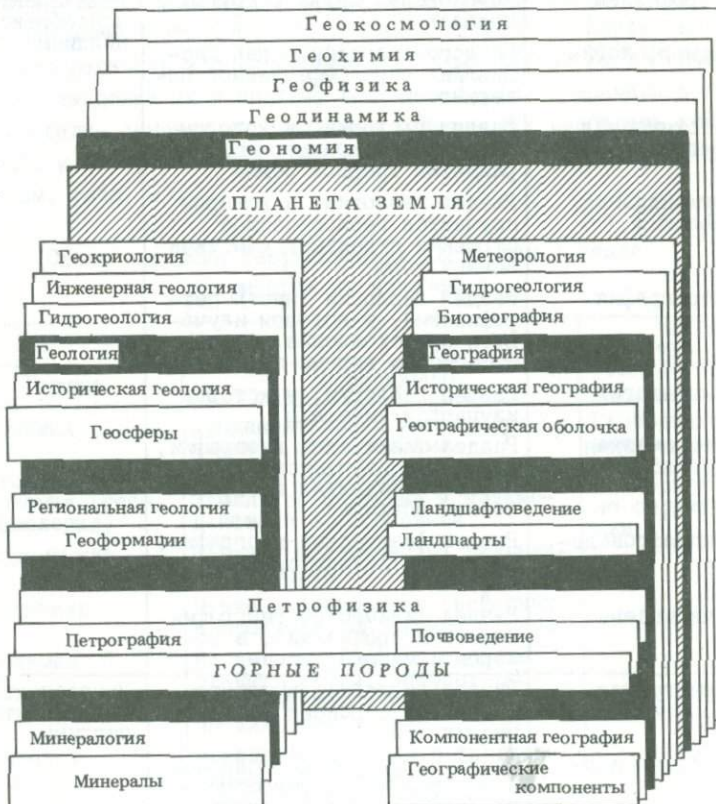
№ п/п	Учение		Критерий выделения
	Термин	Определение	
1	Геономия	Фундаментальная интегрирующая наука о планете Земля	Соответствие основным философским категориям на первом уровне структуризации
2	Историческая геономия (гео-космология)	Наука о происхождении планеты Земля, ее эволюции и взаимодействия со Вселенной	
3	Геодинамика	Наука о механических движениях вещества на планете Земля	
4	Геофизика	Наука о физических свойствах и процессах на планете Земля	
5	Геохимия	Наука о химическом составе планеты Земля, законах распространения и миграции химических элементов	
6	Геология	Комплексная наука о твердой Земле	
7	География (физическая)	Комплексная наука о географической оболочке Земли	

№ п/п	Учение		Критерий выделения	
	Термин	Определение		
8	Гидрогеология	Геологическая дисциплина о гидрогеосфере	Полиаспектные и полиобъектные дисциплины, выделяемые в результате расчленения объектов геологии и географии	
9	Инженерная геология	Геологическая дисциплина о техногеосфере		
10	Геокриология	Геологическая дисциплина о геокриосфере		
11	Биогеография	Географическая дисциплина о биосфере	То же	
12	Метеорология	Географическая дисциплина об атмосфере		
13	Гидрология	Географическая дисциплина о гидросфере		
14	Компонентная география	Часть физической географии, в которой комплексно изучаются географические компоненты		
15	Петрофизика	Комплексная наука о горных породах		Полиаспектные, но монообъектные дисциплины
16	Геоморфология	Геолого-географическая дисциплина о рельефе земной поверхности		
17	Историческая геология	Раздел геологии, в котором изучаются закономерности развития твердой Земли		
18	Региональная геология	Раздел геологии, в котором изучается геологическое строение отдельных участков земной коры		
19	Петрография	Раздел геологии (часть петрофизики), в котором изучаются происхождение, состав и свойства горных пород		
20	Минералогия	Раздел геологии, в котором изучаются минералы		
21	Историческая география	Раздел физической географии, в котором изучаются закономерности развития географической оболочки		
22	Ландшафтоведение	Раздел физической географии, в котором изучаются ландшафты		
23	Почвоведение	Раздел физической географии (часть петрофизики), в котором изучаются почвы		
24	Структурная геология	Раздел геологии, в котором изучается строение геологических тел	Моноаспектные, но полиобъектные дисциплины	
25	Геотектоника	Часть структурной геологии, в которой изучается строение геологических тел рангом от геотектоники и выше		

№ п/п	Учение		Критерий выделения
	Термин	Определение	
26	Стратиграфия	Подраздел исторической геологии, в котором изучается последовательность геологических образований и их первичных возрастных взаимоотношений	Моноаспектные, но полиобъектные дисциплины

В итоге определилось только 10 главных онтологических и семь гносеологических категорий в науках о Земле. В числе последних выделась одна интегрирующая фундаментальная наука о планете Земля (геономия), которую можно поставить в один ряд с фундаментальными науками естествознания, и шесть основных наук о Земле более низкого ранга (см. табл. 2).

Эти 17 основных категорий приняты за основу при последующей структуризации и создании системы наук о Земле на основе четырехуровневой организации вещества планеты Земля (рис. 1).



Р и с. 1. Система основных объектов и теоретических дисциплин о Земле

В пояснение к этой системе следовало бы сказать лишь то, что не вполне очевидно при визуальном знакомстве с ней. В частности, в таком подходе гидрогеология и инженерная геология оказываются как бы разделами геологии. В то же время структурная геология, например, в этой системе вообще отсутствует. Объясняется это тем, что гидрогеология и инженерная геология не только полиуровневые, но и полиаспектные дисциплины, тогда как структурная геология является моноаспектной, а следовательно, более низкого ранга (см. табл. 2). Она выделяется на следующем уровне структуризации самой геологии. Последовательность выделения научных дисциплин и более строгое их определение позволяют создать логически непротиворечивую иерархию этих дисциплин, которая в ряде случаев вносит коррективы в традиционные представления. Например, геотектоника при таком подходе вполне определенно выделяется как часть структурной геологии, что согласуется со структурой схемы иерархии В.Ю. Забродина [1], но согласно "Геологическому словарю" структурная геология, наоборот, является частью геотектоники.

Способы последующей структуризации на более низких уровнях рассмотрены автором ранее на примере гидрогеологии [3]. Необходимо поэтому более подробно остановиться лишь на принципах выделения прикладных наук о Земле, о чем раньше речь шла в самом общем виде. В прежних публикациях автором уже подчеркивалось, что прикладные разделы наук о Земле выделяются на основе системы теоретического знания. Так, петрография и минералогия выделялись на соответствующих уровнях организации материи (горнопородном и минеральном соответственно) при расчленении науки геологии как объекта (твердая земля) на элементы. Из этого следовало, что они являются моноуровневыми теоретическими разделами геологии, однако полиаспектными, т.е. изучающими объект одного уровня, но со всех сторон. В прикладной части необходимо учитывать в первую очередь запросы народного хозяйства. В этом случае на передний план выступает не минерал или горная порода, а полезное ископаемое, т.е. минеральное вещество в виде минерала или горной породы, пригодное для использования в народном хозяйстве. В качестве же месторождения полезного ископаемого может рассматриваться контурное в пространстве полезное ископаемое, которое по запасам, качеству и условиям залегания экономически нецелесообразно использовать для разработки.

В качестве полезного ископаемого вещество (моно- и полиминеральное) можно делить по-разному: по фазово-агрегатному состоянию, как топливо и т.д. (рис. 2). Классификация месторождений полезных ископаемых является одновременно основой создания системы знаний о них (табл. 3). При



Р и с. 2. Система классификаций месторождений полезных ископаемых

этом особенно наглядно обнаруживается наличие у одних объектов двух дисциплин и полное отсутствие их у других.

Т а б л и ц а 3

Система геологических дисциплин и их объектов на нижних уровнях организации вещества

Прикладная геология	Учение о полезных ископаемых		
	Геология месторождений полезных ископаемых		
	Поиски, разведка и оценка запасов месторождений полезных ископаемых		
	Геология нефти и газа		Геология твердых полезных ископаемых
	Прикладная гидрогеология		
	Газообразные полезные ископаемые	Жидкие полезные ископаемые	Твердые полезные ископаемые
	Геология нерудных полезных ископаемых	Геология рудных полезных ископаемых	
		Минералогия	Металлогения
	Нерудные полезные ископаемые	Неметаллические полезные ископаемые	Металлические полезные ископаемые
		Рудные полезные ископаемые	
	Геология каустобиолитов	Негорючие полезные ископаемые	
Горючие полезные ископаемые	Геология негорючих полезных ископаемых		
Полезные ископаемые (моно- и полиминеральное сырье)			
Объект	Минералы	Горные породы	
		Изверженные и метаморфические	Осадочные
Теоретическая геология	Минералогия	Петрология	Литология
		Петрография	

Суммировать следствия системного подхода в науках о Земле можно кратко в следующих выводах.

Наука, представленная в виде системы, не только приобретает упорядоченный вид, но и получает возможность генерации нового знания дедуктивным путем.

Появляется возможность выявления важных узловых, но слабо разработанных (а поэтому не всегда сразу заметных) новых проблем науки и выделения так называемых мнимых проблем.

Существенно повышается эффективность научных исследований при решении практических задач, так как создаются предпосылки не только для совершенствования существующих подходов, но и для выявления принципиально новых.

Появляется база для разработки более достоверных прогнозов развития науки на более отдаленную перспективу, а следовательно, для упреждающего решения принципиально новых народнохозяйственных проблем путем своевременного внесения корректив в содержание и форму науки.

В заключение необходимо еще раз подчеркнуть, что системный подход неизбежно приводит к множественности вариантов решения проблемы, что требует разработки критериев выбора оптимального варианта. Таким образом, СИ бессмысленны без оптимизации, а сама оптимизация невозможна без СП к объекту исследований.

Л и т е р а т у р а

1. Геологические тела: Терминологический справочник. М.: Недра, 1986. 334 с.
2. Фролов Н.М. Система наук о Земле//Всесоюз. конф. "Теория, методология и практика системных исследований", М., 1984. Секция 2: Системные исследования и современное естествознание. С. 116-120.
3. Фролов Н.М. Гидрогеология и инженерная геология в системе наук о Земле//Сов. геология. 1984. № 10. С. 95-106.
4. Фролов Н.М. Методологические основы изучения структуры наук о Земле и создание их системы//Системный подход в геологии: Тез. докл. II Всесоюз. конф. М.: Б.и., 1986. Ч. I. С. 156-158.

УДК 553.982.045:003.13

Н.А. Крылов, Ю.Н. Батулин, В.М. Рыжик, М.Н. Морозова

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ПРИ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НЕРАЗВЕДАННЫХ РЕСУРСОВ НЕФТИ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ КРУПНОСТИ ЗАПАСОВ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Геолого-экономические исследования неразведанных ресурсов нефти имеют своей целью получить наиболее полную характеристику их промыш-

ленного значения, а следовательно, целесообразности и очередности их подготовки и использования, планирования мероприятий по ускорению научно-технического прогресса в геологоразведочных работах. Геолого-экономические исследования ресурсов нефти являются комплексными и включают исследования по геологии нефти, геологоразведочным работам, разработке нефтяных месторождений, экономике, математике и прогностике.

Общим объектом геолого-экономических исследований неразведанных ресурсов нефти являются начальные суммарные ресурсы нефти (НСР), так как исследования неразведанных ресурсов нельзя оторвать от экономической оценки запасов и добытой нефти. Начальные суммарные ресурсы нефти нефтегазоносного района представляют собой динамичную систему с постоянным объемом (массой) и направленно изменяющимися объемами (массами) составляющих их частей: добытой нефти, запасов и неразведанных ресурсов. Кроме того, для структуры НСР характерно направленное изменение качественных характеристик. Так, в районах с разведанностью НСР больше 15-25% первоначальные добывные характеристики использованных запасов выше, чем запасов, вводимых в разработку, а добывные характеристики запасов выше, чем ресурсов. Последнее объясняется неслучайным характером поисков месторождений, возможностью находить наиболее крупные месторождения среди неоткрытых при достижении разведанности НСР более 10-15%. Геолого-экономические исследования такого сложного объекта с динамичной структурой, как у НСР, практически невозможны без использования методологии системного подхода, который необходим для определения объекта исследований и взаимосвязи его составных элементов, выбора метода геолого-экономической оценки.

Итогом геолого-экономических исследований ресурсов нефти является качественная или количественная оценка эффективности их освоения. В зависимости от поставленной задачи и методических возможностей оценка эффективности освоения неразведанных ресурсов может проводиться или по прогнозируемому переводу в разведанные запасы, или по прогнозируемой разработке. При этом для оценки эффективности освоения ресурсов необходим прогноз затрат на их освоение, учитывающий специфику нефтегеологической характеристики ресурсов. Этот прогноз практически невозможен без использования аналогий с запасами разведываемых и разрабатываемых месторождений нефтегазоносной провинции, области, района. Достоверность геолого-экономической оценки неразведанных ресурсов нефти будет ниже, чем разведанных запасов. Геолого-экономические оценки в зависимости от используемых критериев будут с различной степенью отражать прогнозируемую эффективность освоения ресурсов нефти. По уровням значимости геолого-экономические оценки можно подразделить на народнохозяйственные (абсолютные) и отраслевые (сравнительные).

Народнохозяйственные оценки проводятся по соотношению ценности продукции с затратами на ее подготовку. При определении ценности ресурсов нефти обычно исходят из ценности нефти, добываемой на время проведения оценки.

Определение ценности добытой нефти сложно прежде всего потому, что развитие нефтедобычи влияет не только на экономические показатели добычи, но и на изменение энергооборуженности и развитие химической промышленности, а в конечном счете — на изменение структуры народного хозяйства в целом. Использовать в качестве прямой меры ценности нефти величину стоимости нефти на международном рынке нельзя в силу различий механизмов ценообразования социалистического и капиталистического производства. Поэтому в качестве меры ценности нефти предлагается использовать [1] оптовые цены и замыкающие затраты. При этом наиболее полно ценность исчисляется в замыкающих затратах, которые для нефти представляют собой предельно допустимые с народнохозяйственных позиций затраты на прирост добычи нефти для рассматриваемого периода; замыкающие затраты должны изменяться во времени и учитывать взаимозаменяемость нефти, природного газа и угля при их потреблении в качестве топлива и химического сырья.

В нашей стране оптовые цены и замыкающие затраты не разрабатываются для запасов и ресурсов полезных ископаемых. Поэтому оценка экономической эффективности освоения ресурсов проводится по планируемым и прогнозируемым затратам на разведку и разработку с последующим их сопоставлением с величиной прогнозируемой ценности добываемой нефти.

Сложность народнохозяйственной оценки неразведанных ресурсов определяется ограниченностью диапазона применяемых замыкающих затрат, а также сложностью прогноза добычных характеристик неразведанных ресурсов. В связи с этим целесообразно народнохозяйственную оценку ресурсов проводить по схеме, близкой к количественной оценке объема неразведанных ресурсов. Для этого выделяются эталонные участки, по ним проводится оценка затрат на подготовку и использование запасов, далее это распространяется на расчетные участки с учетом соответствующих коэффициентов аналогии. Кроме того, для повышения уровня достоверности дифференциации ресурсов денежную оценку следует дополнить геолого-технологическими характеристиками, т.е. подразделить экономические группы ресурсов, выделяемые по уровням затрат, на геолого-технологические подгруппы.

Отраслевые оценки геолого-экономической эффективности, как правило, являются исходными для расчета народнохозяйственной эффективности освоения ресурсов. Поэтому каждая отраслевая геолого-экономическая оценка позволяет в определенной степени судить о народнохозяйственной эффективности использования запасов и ресурсов нефти. К количественным отраслевым оценкам эффективности освоения ресурсов нефти относятся прогнозируемые уровни обеспеченности запасами добычи нефти (темпы отбора запасов), восполняемость запасами добычи нефти, возможные приросты запасов на единицу материальных и денежных затрат и др. С целью выявления значимости отраслевых оценок был проведен корреляционный анализ, который показал, что приросты запасов на метр проходки, прирост запасов на рубль денежных затрат на геолого-

5. Зак. 1390

разведочные работы, прирост запасов на рубль совокупных затрат на подготовку и использование нефти связаны между собой зависимостями, близкими к прямо пропорциональным с коэффициентом корреляции более 0,8. Это указывает на высокую информативность отраслевых оценок при прогнозе народнохозяйственной эффективности освоения неразведанных ресурсов нефти.

Вторую группу отраслевых геолого-экономических оценок эффективности запасов и ресурсов нефти составляют качественные оценки. Такие оценки дают общие представления о ценности запасов нефти на базе исследования отдельных или нескольких первичных горно-геологических характеристик запасов. Так, открытие (или прогноз открытия) крупных и особенно уникальных месторождений нефти указывает на высокую народнохозяйственную эффективность освоения запасов и ресурсов нефти района; высокая вязкость нефти может снижать ценность ресурсов; расположение нефти в подгазовой части залежей усложняет их разработку, приводит к росту затрат; увеличение глубин залежей при прочих равных условиях снижает эффективность их освоения; высокие начальные дебиты скважин указывают на хорошие добычные возможности запасов и т.д. Эти примеры иллюстрируют возможности качественной геолого-экономической оценки ресурсов по их первичным горно-геологическим показателям.

Среди горно-геологических характеристик, определяющих многие качественные геолого-экономические оценки неразведанных ресурсов, одной из наиболее информативных является размер запасов месторождений (залежей), прогнозируемых к открытию. С размером запасов причинно связаны многие горно-геологические, геолого-технические характеристики. Так, в ряде изученных нефтегазоносных районов с уменьшением размеров запасов нефтяных месторождений происходит снижение величины плотности запасов на квадратный километр площади нефтяных месторождений, уменьшается коэффициент нефтеизвлечения. Приблизительно в 2 раза сокращается расстояние между разведочными скважинами на мелких месторождениях по сравнению с крупными, что приводит к увеличению материальных и денежных затрат на подготовку тонны запасов нефти. Открытие крупных месторождений на начальном этапе освоения ресурсов создает экономическую базу для массового вовлечения в разведку и разработку мелких месторождений на заключительных этапах освоения НСР. В связи с этим рассмотрим в качестве составного элемента геолого-экономических исследований прогноз размеров запасов нефтяных месторождений, составляющих оценку НСР.

Объектом исследований является совокупность (конечное множество) нефтяных месторождений (и залежей) нефтегазоносной провинции (НГП), области или направления работ. Эта совокупность (множество) состоит из конечного (ограниченного) числа открытых и прогнозируемых к открытию (неоткрытых) месторождений. Нефтяные месторождения распределяются в пределах НГП неравномерно. Однако эта неравномерность не описывается законом случайного распределения.

Уровень знаний закономерностей размещения нефтяных месторождений в пределах НГП не позволяет в настоящее время прогнозировать их местоположение и крупность в неопискованных частях НГП, поэтому количественная оценка неразведанных ресурсов нефти представляется в виде общего объема (массы) нефти со средним коэффициентом нефтеизвлечения. Исследованиями Э.А. Бакирова, М.Д. Белонина, В.И. Демина, А.Э. Контаровича, Н.А. Крылова, И.И. Нестерова, В.М. Рыжика, М.М. Саттарова, В.И. Шпильмана, Ю.Н. Швембергера и других показано, что прогноз крупности нефтяных месторождений можно осуществить на базе моделей статистических распределений.

Статистический прогноз структуры $НР_n$ по крупности нефтяных месторождений в качестве исходного условия требует признания ряда методологических положений, а именно:

ресурсы нефти и число месторождений (залежей) нефтегеологического элемента конечны (ограничены по своей величине);

количественная оценка объема (массы) НСР отражает лишь часть ресурсов нефти, так как в нее не включаются наиболее мелкие нефтяные месторождения, поиск и разведка, которая априори считается целесообразной; кроме того, оценка содержит ошибку расчетов, часто весьма значительную;

при разведанности НСР около 10–15% достигаются уровни геологических знаний о НГП и методике поисков, позволяющие в дальнейшем выявлять в среднем наиболее крупные по запасам месторождения из числа неоткрытых;

оптимальными нефтегеологическими объектами, для которых возможно корректное решение задачи статистического распределения месторождений по их крупности, является НГП, а в ее пределах – направления работ [2, 3].

Выбору статистической модели распределения месторождений по крупности запасов посвящено относительно небольшое число работ. При этом выделяются работы, в которых осуществляется подбор статистической модели распределения месторождений для открытых начальных разведанных запасов, а также работы по статистической модели распределения составляющих НСР. По существу, первая задача является исходным материалом для решения второй, основной задачи.

В настоящее время можно считать установленным, что распределение открытых нефтяных месторождений по крупности их запасов описывается законом распределения, близким к логнормальному. Наличие одномодальных (одновершинных), близких к логнормальным распределений открытых месторождений по величине запасов связано с взаимодействием двух процессов – природного процесса, определяющего размещение месторождений, и процесса поисков месторождений, выражающего человеческую деятельность. В природно-экономическую систему, охватываемую этими процессами, входят сами месторождения и их размещение, научно-технические средства поисков, разведки и разработки, экономические возможности

региона или страны в целом, топливно-энергетический баланс и внешние обстоятельства (конъюнктура рынка, стратегическая ситуация). Все это в целом определяет темп открытия и ввода в разработку месторождений и последовательность открытий. Каждый нефте- и газоносный бассейн должен рассматриваться так же, как элемент общей системы нефтяных или газовых ресурсов, с учетом его геологических и экономических особенностей, что также находит отражение в распределении по размерам открытых месторождений и залежей. Как показывают статистические исследования, результирующий закон распределения открытых месторождений по величине запасов близок к логнормальному и существенно отличается от него только в тех случаях, когда месторождения относятся к разным направлениям работ в НГП.

С уменьшением запасов открываемых месторождений снижается эффективность поисково-разведочного бурения, хотя темп открытия месторождений растет. Наконец, при эффективности ниже экономически допустимой поисково-разведочные работы теоретически могут прекратиться или, что наиболее вероятно, существенно сократиться. В этом случае значительная часть мелких месторождений может длительное время оставаться неоткрытой.

Анализ статистических совокупностей месторождений, открытых в НГП на различные даты, показывает, что с ростом разведанности максимум числа открытых месторождений смещается в сторону месторождений со все меньшими запасами. Этот факт отражает неслучайный характер поисков, связь вероятности открытия с размерами запасов месторождения; при этом вероятность открытия большего по запасам месторождения в среднем выше, чем меньшего по запасам. С позиций математической статистики данный факт свидетельствует о неслучайном характере выборки и о невозможности в этом случае по выборке определить вид распределения генеральной совокупности. В связи с этим возникают два пути решения этой задачи: во-первых, исходя из геологической или геолого-статистической гипотезы и, во-вторых, по изменению выборочной совокупности по мере увеличения объема выборки. Рассмотрим пути анализа динамики распределения открываемых месторождений.

Исследователями последних лет показано, что наиболее приемлемо для описания распределения совокупности открытых и неоткрытых месторождений амодальное усеченное распределение Парето. Применение закона Парето для описания распределения залежей нефти по величине запасов может быть обосновано с учетом так называемого свойства "фрактальности" поверхности Земли и слагающих земную кору стратиграфических горизонтов, исследованного в 60-х годах М. Мандельбротом [см. 4]. "Фрактальность" поверхности заключается в том, что при измерении ее неровностей в различных масштабах число фиксируемых неровностей возрастает с уменьшением масштаба пропорционально $l^{-\alpha}$, где α - некоторая постоянная величина. Иначе говоря, поверхность, рассматриваемая в различных масштабах, как бы подобна самой себе. Из "фрактальности" слоев земной

поверхности следует, что число ловушек (структур) каждого размера возрастает при уменьшении размера ловушки. Наличие связи между размерами ловушки и запасами позволяет заключить, что и число залежей каждого размера по запасам приближенно подчиняется закону, эквивалентному закону Парето.

Изучение динамики заполнения по мере открытия новых месторождений классов крупности запасов нефтяных месторождений показало, что с ростом разведанности происходит "закрывание" классов крупности, т.е. наблюдается длительное отсутствие открытия месторождений данной крупности. При этом чем крупнее запасы месторождений, тем раньше "закрывается" соответствующий класс крупности. Это свидетельствует о том, что месторождения данного размера выявлены и их открытие не прогнозируется или маловероятно. С ростом числа открытых месторождений в условиях высокой опоскованности ресурсов происходит снижение среднего значения размера запасов одного месторождения, рассчитанного по всей совокупности открытых месторождений; это среднее значение стремится к некоторому пределу. Все это свидетельствует об амодальном (безвершинном) законе распределения нефтяных месторождений по крупности запасов.

С целью проверки соответствия возможности определения генеральной совокупности по закономерно изменяющимся (нерандомизированным) выборкам было проведено моделирование процесса поиска месторождений на ЭВМ. Для этого в ЭВМ был введен массив месторождений со структурой, соответствующей распределению Парето, и далее, управляя величиной связи вероятности поиска с размерами запасов, проводились выборки месторождений до полного использования исходного множества. Результаты экспериментов были близки к реальным соотношениям в динамике открытия месторождений различной крупности в НГП.

Представляют интерес результаты системного исследования распределения месторождений различной крупности в НГП страны. Исследования показали, что прогнозирование крупности нефтяных месторождений следует проводить только по тем классам крупности, в которых прогнозируются открытия. При этом следует уделить особое внимание изучению не распределения числа месторождений, а распределения их запасов по классам крупности. Статистика по НГП страны показывает, что в классах крупности с логарифмическим равным шагом запасы в классах убывают по мере снижения размерности месторождений; случаи возрастания запасов свидетельствуют о завышении количественной оценки ресурсов нефти. Однако, несмотря на это, суммарные запасы мелких месторождений по НГП составляют 30-50% от НСР. В некоторых нефтегазоносных районах монотонное возрастание запасов в классах крупности (по мере роста размеров запасов месторождений) нарушается устойчивым максимумом в средней части гистограммы. Геологические исследования показали, что это связано с существенным изменением характера нефтегазоносности в пределах НГП. Поэтому статистические исследования нельзя отрывать от геологических.

Следовательно, применение основных принципов системного анализа к геолого-экономическому анализу неразведанных ресурсов позволяет более строго представить объект исследований, сформулировать их основную задачу, выделить ее составные части, установить их иерархию и внутренние связи. Это касается как начальных суммарных ресурсов нефти в целом, так и их элемента - нефтяных месторождений, которые при их выделении также рассматриваются в качестве исходного объекта, подразделяющегося на элементы. Следует особо подчеркнуть важность исследования динамики процесса освоения ресурсов, так как без этого практически невозможно правильное понимание изменяющейся структуры ресурсов нефти.

Л и т е р а т у р а

1. Временная типовая методика экономической оценки месторождений полезных ископаемых. М., 1980. 30 с.
2. К р ы л о в Н.А. О понятии направления работ при поисках нефтяных и газовых месторождений//Геология нефти и газа. 1982. № 10. С. 17-22.
3. К р ы л о в Н.А. Исследование геологоразведочного процесса на нефть и газ//Теоретические основы поисков разведки и разработки месторождений нефти и газа. М.: Наука, 1984. С. 158-174.
4. Б а р е н б л а т т Г.И. Подобие, автомодельность, промежуточная асимптотика. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 208 с.

УДК 553.982.045:003

В.И. Демин, А.Э. Конторович, О.С. Краснов, Р.Т. Мамахатова

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД КАК МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ПЕРСПЕКТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА НЕФТЬ И ГАЗ В КРУПНЫХ РЕГИОНАХ

Анализ многочисленных определений понятия "система" применительно к перспективному планированию геологоразведочных работ на нефть и газ в крупных регионах позволил признать оптимальным следующее: система есть совокупность взаимосвязанных элементов, выделенных для какой-то конкретной цели, обладающая некоторыми специфическими (так называемыми эмерджентными) свойствами, хотя часть из них не является простой суммой свойств элементов, составляющих эту систему. Философское, гносеологическое, методологическое значение применения понятия "системный подход" для перспективного планирования геологоразведочных работ на нефть и газ состоит, с одной стороны, в более строгой и точной формулировке понятий, уже существующих и используемых при составлении планов поисково-разведочных работ на нефть и газ, с другой - в выработке новых понятий и формулировании новых концепций, отражающих

суть и специфику применения системного подхода при составлении планов работ.

Системный подход при перспективном планировании геологоразведочных работ на нефть и газ в крупном регионе может быть рассмотрен в нескольких различающихся и в то же время взаимно дополняющих аспектах. Основопологающим при этом является выделение элементов системы, таких, как приросты разведанных запасов нефти и газа, необходимые объемы различных видов поисковых и разведочных работ, обеспечивающие эти приросты, и определение взаимосвязей между ними. Основу других системных подходов могут составлять этапы и стадии геологоразведочного процесса, их последовательность и взаимообусловленность, виды геологопоисковых и разведочных работ на нефть и газ, их размещение по территории выделенного крупного региона и др.

Преднамеренное или неосознанное отсутствие системного подхода при перспективном планировании геологоразведочных работ на нефть и газ привело к тому, что в ряде опубликованных по этой проблеме работ рассматриваются, как правило, отдельные этапы и стадии геологоразведочного процесса без учета геологических и экономических характеристик района подготовки запасов; кроме того, не совмещены, находятся, так сказать, в различных измерениях вопросы развития во времени геологоразведочных работ и размещения их на территории. На практике игнорирование системного подхода приводит к тому, что, например, к концу очередного пятилетнего цикла производственные геологические организации, ведущие поисково-разведочные работы на нефть и газ, делая все для выполнения плана по приросту разведанных запасов в текущей пятилетке, не следят за сохранением пропорции между запасами и ресурсами и ставят тем самым под угрозу выполнение плана прироста запасов в следующей пятилетке, неоправданно сокращают объемы поисковых работ за счет разведочного бурения и не создают резерва ресурсов категории C_3 на перспективу.

Исходным методологическим моментом в системном подходе к перспективному планированию геологоразведочных работ служит представление о крупном нефтегазоносном регионе как единой сложной динамичной системе, состояние которой меняется в результате воздействия человека. Элементами такой системы являются не только природные объекты со свойственными им геологическими и экономико-географическими особенностями, но и вся производственно-техническая инфраструктура для ведения геологоразведочных работ. Тогда задача перспективного планирования заключается в предсказании того воздействия, которое следует произвести на систему, чтобы перевести ее из исходного в некоторое заданное состояние. Это будет означать перевод прогнозных и перспективных ресурсов в предварительно оцененные и разведанные запасы нефти и газа. Поскольку процесс изменения состояния геологических элементов системы не может происходить без материальных воздействий, то в задачу входит и вопрос

о выяснении тех изменений, которые следует внести в материальную базу геологоразведочного производства. При этом необходимо иметь в виду ограниченность материальных, денежных и трудовых ресурсов, воздействующих на систему, а также долговременность и инерционность процесса.

Изменение системы, т.е. перевод ее из одного состояния в другое, можно планировать рядом способов. Реализован может быть лишь один. Поэтому для выбора оптимальной траектории перевода системы из существующего в желаемое наиболее приемлемо математическое моделирование на ЭВМ процесса проведения геологоразведочных работ в регионе, иными словами, использование так называемого вычислительного эксперимента. Такая модель геологического процесса разработана в СНИИГТимСе и реализована в виде набора алгоритмов и программ. Она была использована при разработке планов развития геологоразведочных работ на нефть и газ на Сибирской платформе и в юго-западных районах Западной Сибири на одиннадцатую и двенадцатую пятилетки.

При характеристике исходного состояния системы, связанной с планированием геологоразведочных работ, ключевой является количественная оценка перспектив нефтегазоносности рассматриваемого региона. Применение системного подхода при количественном прогнозировании нефтегазоносности недр может быть самостоятельной темой. Поэтому ниже мы лишь кратко отметим возможность системного анализа применительно к этой проблеме.

Прежде всего необходимо назвать ту систему, которую образуют объекты оценки при количественном прогнозе нефтегазоносности. Максимальным объектом оценки является осадочная оболочка Земли – стратисфера, которая распадается на систему седиментационных бассейнов. Каждый седиментационный бассейн может рассматриваться как система резервуаров, перспективных на нефть и газ. В пределах отдельных резервуаров объектами оценки могут быть системы объектов меньшего ранга региональности, в конечном счете ловушки нефти и газа (антиклинальные и неантиклинальные, литологические, литолого-стратиграфические и др.).

Определенную систему образуют методы, предназначенные для оценки различных объектов. Менее точным методом, который используют для оценки слабоизученных седиментационных бассейнов, является объемно-статистический. Для оценки относительно хорошо изученных резервуаров или их частей применяется метод внутренних геологических аналогий. Для локальных ловушек используется тот же корреляционно-регрессионный анализ, который составляет основу и объемно-статистического метода, но теперь уже с меньшими возможными ошибками в оценках запасов для совокупностей ловушек за счет группирования их большего количества.

В качестве системы может рассматриваться и основной результат количественной оценки любой слабоизученной территории – ее начальные ресурсы углеводородов. Эта величина может быть разделена на слагающие ее элементы большим количеством способов: по типам углеводородных фль-

идов, по единицам нефтегеологического и административного районирования, по месторождениям различной крупности и т.п. При этом, кроме простого объединения суммированием, всякое разбиение начальных ресурсов по слагающим эту систему элементам обладает некоторыми специальными характеристиками, определяющими суть этого разбиения. Естественно, что может быть рассмотрена и система, объединяющая все эти системы вместе. Это так называемая структура ресурсов. Такая система носит многоцелевое назначение. Практически она является универсальной, и с ее помощью могут быть решены многие задачи поисково-разведочных работ на нефть и газ.

Для целей перспективного планирования геологоразведочных работ на нефть и газ одной из основных является система разбиения начальных ресурсов на запасы и ресурсы различных категорий. В этом плане упоминавшийся ранее перевод системы из одного состояния в другое связан прежде всего с изменением запасов нефти, газа и конденсата категорий C_1 и C_2 . А под воздействием на систему следует понимать необходимые для этого объемы геофизических работ и глубокого бурения с дифференциацией их по этапам и регионам.

При составлении плана поисково-разведочных работ, при разработке модели геологоразведочного процесса ключевым является понятие сбалансированности плана. Об отсутствии сбалансированности плана свидетельствует ситуация, когда запланированные приросты запасов нефти и газа в пределах того или иного нефтегазоносного района превышают его прогнозные ресурсы. Об этом же можно говорить в случае различия отношения запланированного прироста запасов конденсата категории C_2 к запланированному приросту запасов свободного газа той же категории с содержанием извлекаемого конденсата в свободном газе в пределах региона, где намечено прирастить эти запасы. Несбалансированность плана отражает несоответствие между объемами региональных и поисково-разведочных работ, в результате которого происходит преждевременный разворот поисковых и разведочных работ на территориях, недостаточно изученных региональными работами.

Логически связанная и количественно сбалансированная последовательность показателей отражает результаты отдельных стадий и этапов поисковых и разведочных работ – от выявления объекта до оценки месторождения, подсчета его запасов, а с учетом соответствующих нормативов расчет объемов глубокого бурения и геофизических работ в натуральном и стоимостном выражении составляет основу экономико-математической модели геологоразведочного процесса. Если известны средние размеры месторождений, которые будут открываться в плановый период, соотношение в ловушках углеводородных флюидов различных типов, морфология ловушек и вероятная их продуктивность, то при заданных уровнях прироста запасов категорий C_1 и C_2 можно определить, сколько необходимо в плановый период открыть месторождений и сколько надо ввести для этого в бурение

ловушек разных типов. Зная размеры и тип ловушек, количество скважин, необходимых для опоскования и разведки одного открытого месторождения, а также средние объемы детальных геофизических исследований на одном объекте, можно оценить их суммарные объемы. Наконец, в связи с необходимостью выполнения законодательно установленных мер по охране окружающей среды и рекультивации временно изъятых земель стоимость и таких работ необходимо учесть в соответствующих финансовых расходах.

Геолого-экономическая информация, которая должна быть заложена в математическую модель геологоразведочного процесса подготовки разведанных запасов нефти и газа, состоит из большого числа параметров. Они могут быть сгруппированы следующим образом.

Первая группа - параметры, характеризующие состояние фонда структур и перспективных ресурсов нефти и газа в регионе, где планируются поисково-разведочные работы. Основные параметры этой группы: ресурсы нефти и газа категории C_3 региона; общий фонд структур, доля в нем структур неантиклинального типа; средние запасы открываемых месторождений нефти и газа; доля открываемых нефтяных, нефтегазовых и газовых месторождений по отношению ко всем месторождениям и т.п.

Вторая группа - параметры, описывающие геологические условия открываемых месторождений. К ним относятся: средняя глубина залегания месторождений и, как следствие, глубина поисковых и разведочных скважин; типы ловушек, содержащих отдельно месторождения нефти и месторождения газа; количество поисковых скважин на одном месторождении отдельно антиклинального и неантиклинального типа и т.п.

Третья группа - количественные показатели методики и процесса поисков и разведки нефтяных и газовых месторождений. Типичными представителями этой группы являются: коэффициенты подтверждаемости разных типов ловушек, подготовленных геофизиками для глубокого бурения; приросты запасов нефти или газа на одну скважину, получаемые на нефтяных, нефтегазовых и газовых месторождениях, приуроченных к ловушкам антиклинального и других возможных типов, и т.п.

Четвертая группа - основные показатели плана, в первую очередь задания по приросту запасов отдельно нефти и газа категорий C_1 и C_2 , объемы и количество скважин параметрического бурения. Существенными деталями, сопровождающими эти параметры в случае, например, пятилетнего планирования, являются год, с которого начинается выполнение плана прироста запасов нефти или газа, объем запасов категории C_2 на конец планового периода и т.п.

Пятая группа - разного рода стоимостные показатели: стоимость одного метра параметрического, поискового и разведочного бурения; стоимость поиска и подготовки одной ловушки антиклинального и неантиклинального типа; стоимость детализационных работ на месторождении и др.

После того как вся исходная информация собрана, проверена и отрецензирована, производится расчет одного варианта плана геологоразведочных работ на нефть и газ в регионе. Если при этом выясняются какие-

то нарушения, например приросты запасов разных категорий превышают начальные ресурсы какого-либо отдельного района или запланированы приросты запасов только нефти в пределах некоторой территории, а в соответствии с геологическими условиями здесь могут быть открыты нефтегазовые месторождения и, следовательно, неизбежно будут приращены какие-то запасы газа и конденсата а эффективность работ будет иной, то осуществляется корректировка исходной информации и план рассчитывается заново. Такое моделирование – первый этап в получении оптимизированного плана. На втором этапе с помощью вариантной экономико-математической модели в динамической постановке происходит выбор оптимального варианта. При этом весь регион в целом разбивается на ряд нефтегазоносных областей или районов. Плановый период ведения геологоразведочного процесса разбивается на годы или другие одинаковые по продолжительности временные периоды; перечисляются виды углеводородного сырья, категорий его запасов, используемого лимитированного ресурса, вариантов прироста запасов в НГО и т.д. Целевой функцией, минимизация которой осуществляется при поиске оптимального плана, являются интегральные дисконтированные затраты, определяемые интенсивностью использования каждого конкретного варианта прироста запасов в НГО. При этом должны соблюдаться следующие ограничения: прирост запасов любого вида и каждой категории должен быть не менее заданного; ресурсы могут быть использованы в пределах установленных лимитов; для каждой НГО может быть реализован лишь один вариант плана.

УДК 521.24; 550.31; 551.14

И.С. Делицин

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ЭВОЛЮЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Проблема эволюции земной коры является одной из основных в науках о Земле и в то же время одной из самых трудных. Недостаточность общих теоретико-познавательных оснований о данном процессе породила ситуацию, сдерживающую поступательное развитие геологии [4 и др.].

Выход из создавшегося положения видится автору в разработке общего подхода к изучению поведения вещества земной коры в изменяющихся внешних условиях, к выявлению генетической связи между отдельными процессами структурно-вещественных преобразований и общим направлением эволюции земной коры.

В предлагаемой статье эти вопросы рассматриваются в соответствии с одним из основных свойств геологического вещества – анизотропией. При этом автор опирается на результаты исследований, проведенных с помощью методов точных наук, и на логику общенаучного системного подхода.

Результаты изучения представлены в виде понятийной геолого-физической модели эволюции земной коры, учитывающей как исторический, так и физический аспект и отражающей общие закономерности рассматриваемого явления.

Организация геологического вещества земной коры. Согласно существующим представлениям, планета Земля – термодинамически открытая система, способная обмениваться энергией и веществом с окружающей средой. Ее верхняя кристаллическая оболочка – земная кора, помимо латеральной и вертикальной неоднородности, характеризуется цикличностью и неравномерностью проявления таких процессов, как разрывная тектоника, орогенез, метаморфизм и плутонизм. Земная кора характеризуется ранжированной организацией [6]. Автор придерживается пятиранговой схемы иерархии, полагая, что в строении коры участвуют минеральные, горнопородные, формационные, геоконгломератные и геосферные ранговые тела [2].

С позиций системного подхода земная кора представляется сложносбалансированной многоуровневой системой, отдельные элементы которой находятся в иерархических и (или) неиерархических соотношениях [10].

Структурно-вещественные преобразования вещества земной коры. Изучение процессов, лежащих в основе указанных преобразований, удобно начинать с наиболее простых геосистем (разномасштабные ранговые тела в данном случае рассматриваются как самостоятельные системы).

I. Уровень минеральный. В основном рассматриваются закономерности развития внутризеренных нарушений и изменения формы индивидов агрегата на примере одного из распространенных порообразующих минералов – кварца, поскольку его свойства детально изучены современными методами.

Внутризеренные нарушения. Наблюдаемые под микроскопом в порообразующем кварце внутризеренные нарушения (нарушения, локализуемые в пределах зерна) морфологически различны. Их проявление может быть связано с пластической деформацией, хрупким разрушением, полиморфными превращениями, минеральными преобразованиями, витрификацией. В пределах зерна однотипные внутризеренные нарушения ориентированы субпараллельно и располагаются отдельными "пачками", зонами. Результаты проведенного изучения [3] и обобщения доступного литературного материала показали (табл. I), что развитие внутризеренных нарушений в кварце связано (статистические данные) с упругими константами минерала – константами наиболее стабильного в условиях земной коры низкотемпературного кварца [12].

Формоизменение зерен в агрегате. Автор установил, что в деформируемом агрегате изменение формы зерна кварца относительно его оптической оси как в условиях литогенеза, так и в условиях метаморфизма происходит закономерно. В зависимости от конкретного процесса и механизма формоизменения углы между направлением преимущественного изменения формы зерна и его оптической осью будут различны. Сопоставление полученных угловых соотношений с фигурой

упругости минерала показало, что изменение формы зерен четко коррелируется с ориентировкой модулей упругости низкотемпературного кварца (табл. 2).

Т а б л и ц а 1

Закономерности развития внутризеренных нарушений*

Тип нарушения	Углы наклона к оптической оси, градус	Соотношение с упругими константами
Полосы изгиба	15	$\perp E_{\min}$
Деформационные полоски (пластинки)	20	$\perp E_{\min}$
Планирные (плоскостные) трещины, трещины раскалывания	45	$\parallel E_{\max}$
Планирные (плоскостные) элементы	70	$\parallel E_{\min}$

*Использованы наиболее часто встречаемые углы наклона внутризеренных нарушений относительно оптической оси ($\pm 10\%$).

Т а б л и ц а 2

Закономерности изменения формы зерен кварца

Тип формоизменения	Угол наклона к оптической оси, градус	Соотношение с упругими константами
Преимущественный рост (регенерация)	20	$\perp E_{\min}$
Пластическая деформация	20	$\perp E_{\min}$
Преимущественный рост (рекристаллизация)	70	$\parallel E_{\min}$
Преимущественное растворение	45	$\parallel E_{\max}$

При внешних воздействиях, превосходящих предел устойчивости индивида минерала, "приспособление" геовещества данного рангового тела к изменившимся условиям связано с полиморфными (в общем случае - изохимическими) превращениями.

Все видовые представители минерального мира обладают отчетливой анизотропией упругих свойств, поэтому установленные закономерности формоизменения, так же как и развития внутризеренных нарушений, носят общий характер и подчиняются общему закону: в деформируемом кристаллическом агрегате формоизменение индивида определяется изменением упругой энергии, которое контролируется его упругими константами [3]. Основной способ формоизменения индивидов может быть связан и их блоковой перестройкой [1 и др.].

2. Горнопородный уровень. Изучение процессов структурных преобразований кристаллического агрегата, наблюдаемых в ходе его эволюции, проводилось на примере широко распространенных в земной коре монокварцевых пород (песок-песчаник-кварцит). Рассматривались структурные изме-

нения осадка в условиях увеличивающегося внешнего воздействия – осадкообразование, эпигенез, метаморфизм. В ходе изучения указанных пород, сложенных индивидами, обладающими одинаковыми физико-химическими свойствами, было установлено следующее.

По признаку однотипной пространственной ориентировки оптических осей зерен кварца в рассматриваемых породах были выделены локальные объемы, содержащие 125–150 зерен; они представляются в качестве основных элементов структурной организации данной системы. Трехмерное периодическое распределение указанных элементов позволяет говорить о том, что структурная организация рассматриваемых кристаллических агрегатов может быть построена по законам пространственной решетки.

В условиях последовательно увеличивающегося внешнего воздействия изменение внутренней организации агрегата проявляется в возрастании ее анизотропии. Изменения связаны со структурными преобразованиями, которые, как и в случае поведения отдельного индивида, обусловлены различными процессами.

Вывод о том, что горнопородное ранговое тело является многоуровневым (зерно – группа зерен локального участка – элементарная ячейка – элементарный блок – и т.д.), позволяет при изучении изменения внутренней организации агрегата использовать представление о дискретной (прерывистой) среде. С этих позиций функционирование геологической блочной среды в последовательно изменяющихся внешних условиях может быть объяснено дискретной переориентировкой и перестройкой структурных элементов породы, т.е. основным механизмом развития всех процессов структурных изменений, определяемых внешними условиями.

При дальнейшем увеличении внешнего воздействия, превосходящего устойчивость породы, в основе ее "адаптации" к изменившимся условиям лежит уже не структурная перестройка, а минеральные (вещественные) преобразования; автор придерживается представления, что тепловой источник указанных преобразований, так же как и возможного плавления (коровый магматизм), может быть связан с неупругой деформацией [9 и др.].

Общие закономерности структурно-вещественных преобразований, наблюдаемые в различных по химическому составу и генезису горных породах, позволяют говорить наряду со специфичностью об общности причин, механизмов и типов проявлений движений всех тел горнопородного уровня. Структурные преобразования любого кристаллического агрегата (горные породы, руды, агрегаты минералов) подчиняются общему закону одностороннего изменения упругой энергии, контролируемого упругими параметрами материала [3].

3. В случае ранговых тел высших ступеней иерархии затруднительно объяснение с единых позиций таких наблюдаемых структурно-вещественных преобразований земной коры, как планетарная трещиноватость, геосинклинальные прогибы, горно-складчатые пояса, рифтогенные структуры, вулканизм в пределах линейных зон, преимущественно линейно-поясовой харак-

тер развития регионального метаморфизма и др. Последнее связано с масштабностью изменений строения и состава земной коры, отсутствием конкретных данных по конкретным процессам, а также с существующими различиями в трактовке их генезиса.

Геофизические данные о дискретности строения земной коры, о подобии землетрясений (закон повторяемости), о сходстве процессов разрушения геовещества на различных уровнях его организации [9], об отчётливо выраженной анизотропии упругих свойств на значительных площадях земной коры и мантии [4] позволяют применить закон системности к уточнению закономерностей структурно-вещественных преобразований, происходящих на высших уровнях иерархии земной коры.

По этому закону $OTC(Y)$, т.е. общей теории систем варианта Ю.А. Урманцева [10], множество объектов-систем, обладающих в отношении воздействия среды одним и тем же качеством, может быть представлено в виде системы (R-системы) объектов одного и того же рода. Согласно $OTC(Y)$, R-система обладает общими признаками, включающими основные признаки слагающих ее объектов-систем. Согласно же таким законам $OTC(Y)$, как законы соответствия, системной симметрии и системного сходства между любыми двумя R-системами геологических тел любого ранга, должны существовать отношения эквивалентности, системной симметрии и системного изоморфизма [10]. Изложенное позволяет считать, что результаты изучения поведения индивида в агрегате и агрегата индивидов (т.е. двух низших последовательных уровней организации вещества) могут быть положены в основу расшифровки функционирования (поведения) геологического вещества ранговых тел высших уровней иерархии.

Следуя логике системного подхода, полагаем, что для всех рассмотренных генетически взаимосвязанных ранговых тел земной коры структурно-вещественные преобразования их организации будут сходными: хрупкое разрушение, пластическая деформация, рекристаллизация, полиморфные превращения, минеральные преобразования, плавление. При общности причин, их вызывающих, и факторов, контролирующих их развитие, наблюдается различие масштабов (от несовершенств кристаллической решетки до формирования мегарегиональных линейментов) и механизмов проявления - типов движения геовещества.

Природа эволюции геологического вещества. При разработке общего подхода к изучению эволюционных преобразований геовещества земной коры автором принималось во внимание следующее.

I. Непосредственная причина эволюции неорганического мира может быть связана с одноплавленным (анизотропным. - И.Д.) расширением Вселенной после "большого взрыва". Именно оно в конечном итоге обусловило (принцип поля) одноплавленность эволюции Земли и ее верхней кристаллической оболочки - земной коры, а также всех слагающих кору ранговых тел.

2. Кроме представлений об иерархии организации земной коры по вещественному составу, учитывается реальность модели деформированной геофизической среды, основанной на представлении об иерархии геологического вещества по петрофизическим (сейсмологическим) свойствам. Согласно этой модели земная кора представляет собой сложную систему разномасштабных блоков, "вложенных" один в другой [9].

3. Правомерность использования закона структурообразования [3], раскрывающего фундаментальную связь и единую - релаксационную - сущность всех процессов структурно-вещественных преобразований геовещества; под релаксацией в данном случае понимается переход частей упругой энергии в другие формы.

4. Целесообразность применения принципа структуризации (структурности [3]), позволяющего избавиться от излишней гипотетичности, свойственной распространенному "изотропному приближению". Согласно указанному принципу, все структурные и вещественные преобразования коры определяются, с одной стороны, изменением внешних условий (например, параметры среды, интенсивность их воздействия), а с другой - ответной реакцией геовещества, контролируемой его основным свойством - упругой анизотропией (различием упругих параметров).

5. Необходимость широкого использования лежащего в основе энергетической модели сейсмичности представления об "энергетической прочности", т.е. об определяемой условиями среды критической величине упругой энергии, "накопленной" в геологическом веществе при его деформировании [8].

6. Основополагающая роль общего положения о том, что структура, функционирование и эволюция геосистемы взаимосвязаны.

Основываясь на рассмотренных выше представлениях, приведенных статистических данных и результатах обсуждения, объяснить ф и з и ч е с к и й аспект генетической связи между отдельными процессами структурно-вещественных преобразований и общим направлением эволюции земной коры можно следующим образом.

Эволюция планеты определяется последовательным изменением условий среды - эволюционирующими параметрами внешних полей. Верхняя напряженная многослойная оболочка - земная кора, обеспечивающая необходимую механическую прочность планеты и поддерживающая внутри нее необходимые условия "существования", при данном воздействии будет испытывать местные потери устойчивости. Формируется блоковое строение земной коры, наблюдаемое на ее поверхности в виде различных, связанных с растяжением или сжатием региональных структурных форм.

С позиций механики тонкостенных оболочек указанные структурные формы, так же как и различная мощность земной коры, могут рассматриваться как элементы ее "самоупрочнения", обеспечивающие устойчивое существование коры в изменяющихся внешних условиях.

Указанные особенности строения коры предопределены интенсивной деформацией. Преимущественное развитие очагов землетрясений и кислото-

магмообразования на глубинах примерно 25 км подтверждает это предположение. Деформация земной коры – наиболее простой и естественный путь достижения последней устойчивого состояния. Несмотря на возможное различие факторов, ее вызвавших, деформация геовещества коры имеет одну и ту же природу – упругую (механическую). В данном процессе могут быть выделены две стадии. На первой вследствие несоответствия организации системы изменившимся внешним условиям (параметры среды, воздействия мантии) происходит увеличение плотности упругой энергии по сравнению с ее первоначальным состоянием. На второй стадии происходит изменение упругой энергии геосистемы в сторону ее устойчивого состояния, реализуемое различными структурно-вещественными преобразованиями – различными механизмами единого процесса релаксации упругих напряжений.

Специфика перехода земной коры в устойчивое состояние определяется тем, что "носитель движения" [II] – геовещество обладает отчетливой анизотропией упругих свойств, поэтому возникновение концентраций упругих напряжений связано с преимущественными направлениями (зонами). Пространственное положение данных зон определяется видом напряженного состояния целого – земной коры – и его упругими параметрами. Указанные зоны, возникающие в земной коре под воздействием "рассредоточенных" внешних полей, рассматриваются как зоны тектонических напряжений – следствие ответной реакции упругоанизотропного материала на внешнее воздействие.

Иерархизированность вещественного состава, блоковое строение коры и слагающих ее ранговых тел обуславливают иерархичность и дискретность не только упругого деформирования, но и всех связанных с ним последующих структурно-вещественных преобразований. Отсюда сложность, неравномерность, разномасштабность, разновременность и цикличность (результат проявления "обратной связи") непрерывно-дискретной блоковой перестройки организации земной коры от низших ее уровней к высшим; конечные результаты перестройки определяются свойствами целого.

Все структурно-вещественные преобразования, лежащие в основе развития устойчивого состояния земной коры, целесообразно рассматривать в рамках единого процесса, характеризующего отдельный цикл развития, – процесса с а м о о р г а н и з а ц и и. Анализ процесса показывает, что изменение организации геосистемы в сторону устойчивого состояния управляется особым естественным отбором (е с т е с т в е н н ы м г е о л о г и ч е с к и м о т б о р о м), сущность которого сводится к следующему. При любом изменении внешнего воздействия контролируемый упругими параметрами геовещества процесс самоорганизации непосредственно осуществляет принцип отбора реальных переходов на всех уровнях иерархии геосистемы, определяя развитие только тех типов геологических движений, которые предельно экономично (минимальное изменение энергии) реализуют устойчивое состояние вещества земной коры

в изменившихся внешних условиях (принцип наименьшего действия). Единый фактор, контролирующий изменение организации геосистемы на всех уровнях ее иерархии, — упругая анизотропия геовещества позволяет с единых позиций объяснять разнообразие изменений состава и строения земной коры, однонаправленность преобразований организации геосистемы, отсутствие беспорядка и чистой случайности [7] в развитии явления.

Не менее важным является и другой аспект эволюции — и с т о р и ч е с к и й (последовательность событий). Историзм в данном случае заключается в необратимо-последовательной пространственно-временной смене устойчивых состояний вещества земной коры, отражающей законы изменения внешних условий. Происходящая через фазы нарушения устойчивости последовательная смена устойчивых состояний земной коры рассматривается в рамках глобального процесса с а м о р а з в и т и я. С этим процессом связаны все внешние особенности эволюционных преобразований земной коры, для объяснения которых обычно применяются интуитивные представления о превращении недифференцированных структур в дифференцированные, о повышении уровня организации вещества коры по восходящей линии, о спиральном развитии и т.п.

Результаты проведенного изучения позволяют считать, что наблюдаемое разнообразие эволюционных преобразований отражает не причину, а следствие явления. Эти преобразования не управляют эволюцией. Они характеризуют взаимосвязанные и иерархизированные движения, посредством которых достигается соответствие организации геосистемы эволюционирующим внешним условиям. Круговорот геовещества земной коры в осадочном, метаморфическом и магматическом циклах ее развития — наглядный пример высказанного представления.

Опираясь на данные о самоорганизации и саморазвитии, можно говорить о том, что основу эволюции земной коры составляет общепланетарный процесс с а м о с о х р а н е н и я. Этот процесс в необратимо изменяющихся внешних условиях определяет "выживание" земной коры — сохранение равнопрочной оболочки Земли посредством изменения ее организации; в основе процесса самосохранения лежит осуществляемое с помощью различных структурно-вещественных преобразований перераспределение и трансформация упругой энергии в сторону устойчивого состояния.

Учитывая, что в эволюционных преобразованиях системы отражены законы изменения внешней среды, полагаем, что в условиях расширяющейся Вселенной общий ход эволюции земной коры может носить регрессивный характер. Существующие в геологии данные об отдельных аспектах эволюции этому выводу не противоречат.

Модель эволюции земной коры. Приведенные данные составляют основу идеализированной (упрощенной) геолого-физической модели эволюции земной коры, впервые построенной с учетом ее основного свойства — упругой анизотропии. Смысл этой, не имеющей аналогов модели сводится к следующему.

Эволюция земной коры рассматривается как направленная активная саморегуляция материальной многоуровневой геосистемы к конечному устойчивому состоянию в изменяющихся внешних (космических) условиях.

Основной источник энергии, необходимый для эволюции, — внутренний: "высвобождение" потенциальной энергии упругих напряжений, "запасенной" планетой при ее образовании в условиях более высоких термодинамических параметров, чем условия последующего существования.

Причина эволюции — разрядка противодействий между изменяющейся во времени средой и ответной реакцией предварительно напряженной земной коры. Последняя выражается в сбросе части упругой энергии, поступающей в наружную оболочку Земли из ее недр, и переходе последней в устойчивое состояние. Диссипация энергии (уменьшение энергии посредством перехода в другие формы) связана с направленным изменением организации земной коры путем различных, определяемых внешними условиями структурных и вещественных преобразований — различных типов движений геовещества.

Фактор, регулирующий устойчивость земной коры, — ее упругая анизотропия. Указанный фактор лежит в основе естественного геологического отбора. Последний в конкретных условиях из множества возможных вариантов изменения организации коры определяет развитие лишь одного пути, который предельно экономичными средствами (минимальное преобразование энергии) реализует устойчивое состояние рассматриваемой геосистемы.

Сложность развития эволюционных преобразований земной коры обусловлена ее масштабностью, иерархизированностью и дискретностью строения.

Весь ход эволюции, направленный на сохранение равнопрочной земной коры, подчиняется простому принципу, который можно условно назвать "принципом самосохранения геосистемы". Вводимый принцип опирается на утверждение, что физическая основа явления заключается в "удержании", сохранении организации геосистемы, оптимальной в отношении упругой энергии, т.е. организации, при которой величина упругой энергии геосистемы не превышает предела ее "энергетической прочности" в последовательно изменяющихся внешних условиях.

В условиях расширяющейся Вселенной общий ход эволюции земной коры может носить регрессивный характер.

Изложенное выше составляет основу теоретической геолого-физической модели эволюции земной коры. Предлагаемая модель является не только необходимым дополнением, использование которого при разработке новых гипотез эволюции земной коры и ревизии старых представлений позволяет повысить степень достоверности познания явления. Она рассматривается как фундамент построения принципиально новой целостной и единой картины развития земной коры.

Дальнейшее углубление исследований требует усовершенствования данной модели. Так, наличие мантийного вещества в зонах растяжения земной коры указывает на необходимость разработки модели, рассматри-

вающей поведение всей литосферы и учитывающей возможный обмен энергией и веществом между верхней мантией и земной корой. Целесообразно создание и эвристической модели эволюции Земли, характеризующей "геологический" период ее развития; высказанные представления о "внутреннем" источнике эволюции Земли и ее регрессивном характере позволяют считать, что в основе данной модели могут лежать идеи расширяющейся Земли.

Заключение. Применение системного подхода к изучению эволюционных преобразований геологических объектов ведет к созданию новой картины эволюции земной коры. В ее основе лежат установленные физические и исторические закономерности явления, естественный геологический отбор, ведущая роль упругой анизотропии геовещества и контролируемая ею диссипация упругой энергии. Вся многогранность, разномасштабность и архисложность эволюции земной коры объясняются весьма простыми явлениями, управляемыми простыми законами.

В рамках предложенной геолого-физической модели феномен эволюции геологического вещества земной коры рассматривается как активная саморегуляция многоуровневой системы, стремящейся к конечному устойчивому состоянию в необратимо изменяющихся внешних условиях путем различных структурно-вещественных преобразований.

Ведущим фактором, определяющим однонаправленную саморегуляцию геосистемы, является естественный геологический отбор. В основе этого нового для геологии понятия заложена идея о решающем значении упругой энергии для определения устойчивости геосистемы. Представление о том, что развитие земной коры на всех уровнях организации детерминировано анизотропией ее упругих свойств, может рассматриваться в качестве универсального принципа эволюции.

Предлагаемая понятийная модель эволюции, по мнению автора, представляет собой физическое выражение униформизма как фундаментального принципа сохранения [5].

Несмотря на анализ лишь одной из важнейших сторон развития геовещества, предлагаемая модель может рассматриваться как надежный инструмент познания геологического прошлого и настоящего, а так же как теоретическая основа прогностических построений. Ее применение может облегчить решение не только "частных" эволюционных задач, но и всей проблемы развития, способствуя раскрытию идеи геологической формы движения материи.

Л и т е р а т у р а

1. Бок и Г.Б. Индивиды минеральных видов в свете общей теории систем // Методологические проблемы кристаллографии. М.: Наука, 1985. С. 267-273.
2. Геологические тела: Терминологический справочник. М.: Недра, 1986. 334 с.

3. Д е л и ц и н И.С. Структурообразование кварцевых пород. М.: Наука, 1985. 191 с.
4. Динамика и эволюция литосферы. М.: Наука, 1986. 231 с.
5. К р у т ь И.В. Исследование оснований теоретической геологии. М.: Наука, 1973. 203 с.
6. К р у т ь И.В. Введение в общую теорию Земли: Уровни организации геосистем. М.: Мысль, 1978. 367 с.
7. П р и г о ж и н И., С т е н г е р с И. Порядок из хаоса. М.: Прогресс, 1986. 431 с.
8. Р и з н и ч е н к о Ю.В., А р т а м о н о в А.М. Развитие энергетической модели сейсмичности//Изв. АН СССР. Физика Земли. 1975. № 12. С. 41-55.
9. С а д о в с к и й М.А., Б о л х о в и т и н о в Л.Г., П и с а р е н о к В.Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. М.: Наука, 1987. 103 с.
10. У р м а н ц е в Ю.А. Общая теория систем: состояние, приложения и перспективы развития//Система. Симметрия. Гармония. М.: Мысль, 1987. С. 38-123.
11. У р м а н ц е в Ю.А. Эволюционика - общая теория развития систем природы, общества и мышления. Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1988. 110 с.
12. Y o d e r H.S. High-low quartz inversion up to 10000 bars//Trans. Amer. Geophys. Union. 1950. Vol. 31.

УДК 553.98:551.7.022.4

Е.П. Ларченков, С.А. Мороз, Б.А. Соколов

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ИЗУЧЕНИИ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ

Системность - объективное свойство геологической реальности и системный подход к ее познанию - выступает в качестве непосредственной конкретизации диалектико-материалистического учения о всеобщей связи, движении и развитии. Системный подход, обладающий многими сущностными характеристиками общенаучного метода, представляет собой тот канал взаимосвязи философии и геологической науки, который способствует как дальнейшему развитию всеобщего метода познания, так и совершенствованию эвристического инструментария геологического знания. Уже сейчас принцип системности играет большую роль среди методологических принципов геологии, его последовательное применение может служить основой процедуры идеализаций геологических объектов.

В настоящее время принципы системного подхода используются во многих аспектах изучения различных геологических тел, в том числе нефтегазоносных объектов. Весьма плодотворны и перспективны системно-струк-

турные исследования породно-слоевых ассоциаций, проводимые А.А. Трофимуком, Ю.Н. Карагодиным и др., совместный системно-структурный и системно-исторический анализ при изучении нефтегазоносных бассейнов, осуществляемый А.Н. Дмитриевским, и т.д. Элементы системного подхода применяются при разработке вопросов нефтегеологического районирования. При анализе нефтегазоносности на различных уровнях (локальном, региональном, литосферном, геосферном) выделяется иерархическая последовательность нефтегазоносных объектов, соотносящихся между собой как часть и целое: залежь – месторождение – зона нефтегазонакопления и очаг нефтегазообразования – нефтегазоносный бассейн – нефтегазоносная провинция – углеводородная сфера [6]. В системе осадочного бассейна А.Н. Дмитриевским [1] выделяется нефтегазовая ветвь иерархии, которую составляют природный резервуар – нефтегазоносный комплекс (локальный, зональный, региональный) – нефтегазоносный этаж – нефтегазоносный бассейн – нефтегазоносная провинция.

Как и большинство геологических материальных систем, нефтегазоносный бассейн (НГБ) представляет собой фиксируемый в настоящем результат совокупного производственно-временного проявления различных процессов, определяющих формирование осадочного бассейна и реализацию нефтегазогенерационного потенциала осадочных пород, что привело к образованию и сохранению нефтегазовых скоплений. Эволюция такой динамической системы выражается в последовательной смене ряда состояний, начальное и финальное из которых связаны на основе действия сквозных закономерностей развития, унаследованного пространственного положения в конкретных временных интервалах. Многими исследователями подчеркивается, что при системном подходе к анализу геологических объектов необходимо не только рассматривать современное состояние анализируемой системы, но и учитывать, что практически любой геологический объект воплощает в себе развернутый в прошлое процесс своего становления, начиная с момента возникновения. Поэтому полнота представления о нем во многом зависит от полноты реконструкции истории развития объекта. Тем самым в полной мере системный характер любого современного геологического объекта может быть выявлен только в связи с системным анализом процессуальных характеристик. Методологической основой такого анализа должно служить понимание процесса как системы, т.е. как своеобразной целостности, характеризующей движение со стороны изменения свойств и отношений, как связи состояний, отражающей структурно-упорядоченный его характер [5].

Важнейшей характеристикой любой системы является структура, которая выражает инвариантный аспект, относительно устойчивые образования системы. Понятие структуры процесса должно включать представление о том, что все элементы носят процессуальный характер, и таков же характер изменений системы в целом. Элементами такой системы являются моменты времени, в течение которых она находится в динамически равно-

весном состоянии. Им соответствуют последовательно сменяющие друг друга состояния развивающегося объекта. Такой подход будет отражать понимание природы структурных связей как пространственно-временную. При этом важно выявление характера таких тенденций, как изменчивость и устойчивость. Устойчивость характеризует существенные необходимые отношения и параметры системы, которые периодически инвариантно репродуцируются. Диалектически понимаемая устойчивость – это система циклических процессов, выступающая как необходимое основание для направленных качественных изменений. Изменчивость выступает как становление устойчивости, как переход от одной формы устойчивости к другой.

Существенной характеристикой временной структуры геологических процессов, в том числе и формирования НГБ, является цикличность, которую можно определить как специфический тип периодической временной структуры, выражающей стабильное в динамическом. Цикличность развития НГБ обусловлена последовательностью сочетаний определенных типов тектонических и геотермических режимов, обеспечивающих направленность процессов формирования осадочных бассейнов и закономерно связанных с ними процессов образования и преобразования углеводородов и их скопленений. Изучение взаимосвязи цикличности тектонических движений и процессов нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции [4] показывает, что в нефтегазоносных бассейнах платформ имеет место закономерная связь между интенсивностью тектонических движений, скоростью осадконакопления и наличием в разрезе нефтематеринских отложений, природных резервуаров, а также типом органического вещества. При этом выделяются комплексы-доминанты, мощность которых составляет до 50% и более мощности платформенного чехла и которые содержат свыше 60% потенциальных ресурсов углеводородов (УВ).

Цикличность тектонических процессов в значительной степени обуславливает цикличность нефтегазообразования (НГО). Цикл НГО (по С.П. Максиму) охватывает всю совокупность процессов образования и существования УВ и их скопленений, вплоть до полного разрушения, и включает этапы формирования нефтегазоматеринских пород (НМП), интенсивной генерации УВ, аккумуляции нефти и газа в ловушках, разрушение залежей. Рассматривая этап генерации нефти и газа, можно разделить его на стадию биохимического газообразования и стадию термokatалитического нефтегазообразования. В последней выделяются следующие фазы: начальная, главная, затухания (см. таблицу в статье Л.Ф. Дементьева в этом сборнике). При последовательном проявлении этих фаз в истории существования НМП может быть намечена (с известной долей условности, поскольку процесс этот прерывисто-непрерывный и отдельные элементы не всегда четко отделяются друг от друга) следующая временная структура: время накопления (возникновение), время между накоплением и попаданием в очаг нефтегазообразования (созревание), время интенсивной генерации УВ (реализация), время до полного исчезновения нефтегазогенерационного потенциала (истощение).

Среди ряда факторов, влияющих на характер и полноту реализации нефтегазоматеринского потенциала, необходимо отметить важную роль процессов прогибания и воздымания, сопровождающихся осадконакоплением и эрозией. Их различные по длительности проявления, литологический состав отложений, мощность и наличие НМП и их положение в разрезе комплекса (в нижней, средней или верхней части), взаиморасположение НМП и природных резервуаров - все это может привести к тому, что в истории отдельных нефтегазопроизводящих пород временная структура процесса возникновения, созревания, реализации и истощения будет различной. Так, реализация (как и вся намеченная последовательность) может завершиться в течение того же цикла прогибания, в котором накопились НМП, или в одном из последующих.

Цикличность тектонических процессов, характер которых в значительной мере связан с типом геотектонического режима, определяет формирование элементов системы НГБ, обуславливает неоднократные изменения темпа (активизация, замедление, временное или полное прекращение этого процесса), направленность изменений нефтегазоаккумулирующих элементов, обеспечивает возникновение различных структурных планов, способствует формированию разнообразных ловушек, вертикальной зональности типов коллекторов.

В настоящее время установлено, что формирование НГБ на всех этапах его эволюции во многом зависит от следующих факторов: 1) геотектонического режима; 2) геотемпературного режима; 3) геофлюидодинамического режима; 4) динамики погружения (частота и длительность прогибания, перерывов, воздымания) и накопления отложений; 5) типа и количества органического вещества в отложениях; 6) типа катагенеза (статический, динамический или их сочетание). В результате взаимодействия этих факторов в НГБ образуется определенное сочетание вертикальной зональности литогенеза, типов коллекторов, нефтегазообразования, скоплений УВ.

Процессы формирования нефтегазосного бассейна по своей структурно-динамической направленности являются конструктивными и деструктивными. Оба типа этих процессов протекают взаимно сопряженно, определяя стохастический характер их общей направленности, которая проявляется за достаточно длительные промежутки времени. Несомненно, что на ход эволюции НГБ оказывают влияние многочисленные факторы, проявляющиеся в результате воздействия внешних и внутренних источников энергии. Преобразование энергии системы НГБ происходит под влиянием гравитационного, электромагнитного, теплового полей, радиоактивного излучения, энергии различных геодинамических процессов (в том числе сейсмоакустических воздействий), в результате протекания разнообразных эндо- и экзотермических процессов. При этом в системе НГБ осуществляется взаимодействие геологических, биохимических, физико-химических факторов, в результате чего происходит трансформация вещества системы, наглядно проявляющаяся в диагенетических и катагенетических изме-

нениях осадочных пород (уплотнение, дегидратация глин, гидрослюдизация монтмориллонита, перекристаллизация, выщелачивание, разуплотнение, образование трещиноватости и т.п.) и органического вещества (биодеградация, углефикация, нефтегазообразование и пр.). Характер сочетания этих факторов, интенсивность их проявления, мера участия в конструктивных и деструктивных процессах могут быть весьма различными, также различной будет их значимость в отдельные периоды развития НГБ. Но среди этого большого количества можно выделить доминантные факторы, которые оказывают определяющее воздействие на формирование нефтегазоносного бассейна в течение всего развития или на отдельных этапах и стадиях [3]. Установившаяся в эти периоды эволюции НГБ закономерная связь, упорядоченное взаимодействие доминантных факторов обеспечивают устойчивость системы в рассматриваемые периоды, определяют структуру, функционирование и динамическое равновесие, характеризуют тот или иной тип нефтегеологического режима.

Типизация нефтегеологического режима позволяет анализировать временную структуру процесса формирования НГБ, на единой основе проводить сопоставление различных этапов, стадий и фаз его эволюции. Это сопоставление дает возможность выявить те факторы, которые действуют в течение всей истории развития конкретного НГБ или только на отдельных его стадиях, а также установить их оптимальное сочетание, определяющее характер и масштаб нефтегазоносности.

Л и т е р а т у р а

1. Д м и т р и е в с к и й А.Н. Системный литолого-генетический анализ нефтегазоносности осадочных бассейнов. М.: Недра, 1982. 230 с.
2. К а р н ю ш и н а Е.Е. Оценка катагенеза при литологических исследованиях нефтегазоносных бассейнов. М.: ВИЭМС, 1986. 49 с.
3. Л а р ч е н к о в Е.П., М о р о з С.А., С о к о л о в Б.А. Историко-генетический и системный подходы в нефтегазовой геологии //Геол. журн. 1986. Т. 46, № 1. С. 117-124.
4. М а к с и м о в С.П., Д о б р и д а Э.В., С а р д о н н и к о в Н.М. Закономерные связи цикличности тектонических движений осадочного чехла и процессов нефтегазообразования и нефтегазонакопления//Тектоническая цикличность и нефтегазоносность. М.: ВНИГНИ, 1985. С. 3-23.
5. М о р о з С.А., О н о п р и е н к о В.И. Методология геологической науки. Киев: Вища шк., 1985. 237 с.
6. С о к о л о в Б.А. Эволюционно-динамические критерии оценки нефтегазоносности недр. М.: Недра, 1985. 168 с.
7. Т р о ф и м у к А.А., К а р а г о д и н Ю.Н., М о в ш о в и ч Э.Б. Методологические вопросы геологии нефти и газа. Новосибирск: Наука, 1984. 149 с.

А.О. Огнев, Л.П. Дмитриев

СИСТЕМНЫЙ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОБЛАСТЕЙ
(ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ)

Одна из самых молодых дисциплин в науках о Земле – петрофизика получила свое первое определение в 1962 г. в работе В.И. Кобранова [1], где говорится, что результаты исследований физических свойств горных пород явились фундаментом новой науки – петрофизики. Эта новая отрасль знаний систематизирует результаты изучения природы физических свойств. Прошло больше четверти века, однако до сих пор нет достаточно полного научного обоснования роли и места этой науки в геолого-геофизических исследованиях.

Существует определенный разнобой и в терминологии. Обычно петрофизику рассматривают как часть более общих наук – геологии или геофизики. Реже петрофизика сопоставляется с физикой горных пород или оценивается лишь как один из методов геолого-геофизических исследований. Наиболее детально этот вопрос был исследован В.А. Кулындышевым, Ю.Ф. Малышевым и Н.П. Романовским в 1980 г. [2]. Проанализировав объект, предмет, цели и задачи петрофизики, авторы пришли к тому, что петрофизика – это наука о физических свойствах горных пород, устанавливающая закономерности распределения физических свойств для объектов природного и частично минерального и формационного уровней организации веществ и определяющая сферы применимости результатов этих исследований в геологии, геофизике и горном деле (физике горных пород). Авторы также не исключают возможности использования результатов петрофизических исследований при изучении объектов высших уровней организации вещества – комплексов, геосфер.

Нам кажется, что в приведенном выше определении имеется существенная неточность, касающаяся объектов, которые исследует петрофизика. Дело в том, что за последние десятилетия в петрофизике наряду с данными лабораторных определений физических свойств горных пород по керну широко используются результаты геофизических и промыслово-геофизических исследований, которые дают информацию о физических параметрах геологических тел (пластов), комплексов пластов, рудных тел и т.д. Следовательно, определяя объект петрофизики, нужно говорить не только о породном уровне организации вещества. Понятие "порода" в этом случае употребляется в более широком смысле; под ним подразумеваются не только собственно горные породы, но и другие геологические тела (пласты, формации, комплексы и т.д.) [1, 3].

Таким образом, оставляя за этой наукой термин "петрофизика", понимать под ней следует науку о физических свойствах (параметрах) геологических тел (разного уровня организации вещества), устанавливающую

закономерности распределения физических свойств (параметров) этих тел и определяющую сферы применимости результатов этих исследований в геологии, геофизике и горном деле (физика горных пород).

При такой постановке вопроса петрофизика выходит из ранга одной из геофизических наук и занимает (или должна занять) свое место в общем арсенале наук о Земле. Результаты петрофизических исследований широко используются не только в геофизике, но и в геологии, решая вопросы истории формирования месторождений полезных ископаемых, их прогнозирования, классификации горных пород, подсчета запасов полезных ископаемых, стратиграфической корреляции и т.д.

В настоящее время петрофизику можно разделить на теоретическую, практическую и прикладную. Основная задача теоретической петрофизики — выяснить, почему данное геологическое тело обладает данными физическими свойствами (параметрами) в конкретных геологических и физических условиях, количественно оценить влияние на физические свойства (параметры) геологических тел (ФСГТ) основных геологических факторов, определить количественные зависимости ФСГТ от состава и структуры геологических тел и т.д. Практическая петрофизика рассматривает средства и методы, которые используются для определения ФСГТ. И наконец, прикладная петрофизика изучает возможности использования данных о ФСГТ для решения различного рода геологических и геофизических задач.

Среди проблем, которые в настоящее время стоят перед прикладной петрофизикой, можно выделить следующие [3-5]:

изучение пространственно-временных изменений физических параметров геологических тел в пределах структурно-тектонических элементов земной коры;

установление связей между физическими параметрами и литолого-фациальными особенностями разреза в естественном залегании и тем самым получение возможности оценки содержания полезных ископаемых в исследуемых объектах;

разработка принципов петрофизической типизации осадочных бассейнов;

разработка петрофизической классификации геологических тел разного уровня организации вещества (горные породы, осадочные пласты, геологические формации, комплексы пластов и т.д.);

использование данных о физических свойствах геологических объектов для целей восстановления истории геологического развития региона и т.д.

Мы назвали только некоторые, на наш взгляд основные, проблемы, которые интересуют исследователей, занимающихся прикладной петрофизикой. Решение этих проблем возможно лишь при использовании системного подхода на основе метода системного петрофизического анализа (СПА), под которым мы понимаем комплексный обобщенный анализ изменения физических параметров геологических тел на разных иерархических уровнях с использованием комплекса геологических и геофизических данных, необходимых для решения конкретных геологических и геофизических задач.

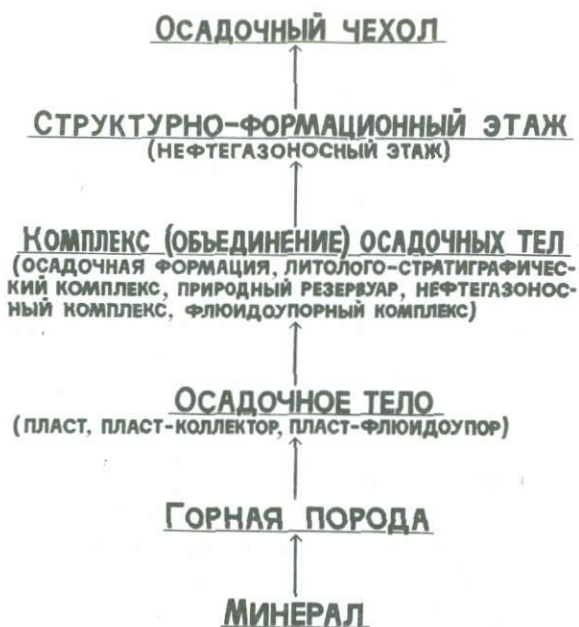
Рассмотрим основные положения системного петрофизического анализа применительно к нефтегазоносным областям (СПА НО). Исходными данными при проведении СПА НО служат результаты минералогических, петрографических, литолого-фациальных, стратиграфических, структурно-тектонических, промыслово-геофизических и геофизических исследований и данных лабораторных определений физических свойств горных пород по керну. В результате системного петрофизического анализа нефтегазоносных областей могут быть в принципе решены следующие задачи (рис. 1):

- петрофизическая типизация осадочных бассейнов;
- палеопетрофизическое районирование нефтегазоносных областей;
- петрофизическая классификация геологических объектов (осадочных пород, коллекторов и флюидоупоров, нефтегазоносных и флюидоупорных комплексов, геологических формаций);
- прогнозирование ФСГТ;
- прогнозирование нефтегазоносности на основе анализа ФСГТ;
- обоснование методики геофизических исследований.



Р и с. 1. Схема системного петрофизического анализа нефтегазоносных областей

Объектами исследований при СПА НО являются различные геологические тела. Каждое тело (объект) рассматривается двояко - как единое целое и как сложная система. В пределах нефтегазоносных областей с точки зрения петрофизического анализа геологические объекты (тела) целесообразно выделять в следующей иерархической последовательности [6] (рис. 2): минерал - горная порода - осадочное тело - комплекс (объединение) осадочных тел - структурно-формационный этаж - осадочный чехол. Под объектом "осадочное тело" может пониматься пласт, пласт-коллектор, пласт-флюидоупор. Комплекс (объединение) осадочных тел может



Р и с. 2. Иерархия геологических объектов нефтегазоносных областей

представлять собой литолого-стратиграфический комплекс, природный резервуар, нефтегазоносный комплекс или флюидоупорный комплекс. И наконец, структурно-формационный этаж может быть заменен нефтегазоносным этажом (этаж нефтегазоносности). Выбор той или иной последовательности геологических объектов определяется характером геологических и геофизических задач, решение которых осуществляется методом СПА. В целом же объекты исследований СПА представляют собой сложные системы, находящиеся в тесной взаимозависимости со средой. Элементами систем служат физико-геологические параметры, характеризующие специфические особенности и определенные свойства объекта и в совокупности описывающие объекты в их многогранной целостности. Каждый из параметров можно, в свою очередь, рассматривать как систему из более "простых" элементов, определяющих величину параметра и зависящих от влияния различных геологических факторов.

Предметами исследований на каждом этапе будут совокупности физико-геологических моделей объектов, которые отображают факторы и взаимосвязи реальной ситуации, описывая определенные свойства объекта. В практике петрофизических работ широко используются следующие типы моделей: описания, таблицы, гистограммы, вариационные кривые, корреляционные диаграммы, стереографические проекции, разрезы, колонки, цифровые массивы, графики, карты, блок-диаграммы и т.д.

Основные задачи, которые необходимо решить при разработке основ системного петрофизического анализа нефтегазоносных областей (СПАНО), можно сформулировать следующим образом:

разработать принципы петрофизической типизации осадочных бассейнов; по этому вопросу работ практически нет, за исключением некоторых сопутствующих обобщающих исследований, проведенных Н.А. Туезовой, М.Л. Озерской, Г.М. Авчян [4];

решить проблему палеопетрофизического районирования; для этого необходимо извлечь максимум информации из анализа характера уплотнения осадочных пород, в основном глинистых; эта работа тесно связана с историей тектонического развития региона и имеет непосредственный выход на проблему нефтегазоаккумуляции и формирования месторождений нефти и газа [7]; определенная информация может быть получена при изучении зависимости физических параметров геологических тел и от их геологического возраста [8];

разработать принципы петрофизической классификации геологических объектов (тел) на разных иерархических уровнях; задача эта практически не разрабатывалась, если не считать классификации Н.А. Туезовой [9] и И.Х. Юдборовского [12] для осадочных тел и Н.Б. Дортман [3] для магматических и метаморфических пород;

решить вопросы прогнозирования физических свойств осадочных пород, которые в настоящее время разрабатываются разными исследователями; однако здесь необходимы детальный анализ и систематизация;

осуществить региональное прогнозирование в плане комплексного анализа, которое пока находится в начальной стадии развития; пионерской работой в этом направлении является исследование, проведенное Г.И. Барулиным по северному борту Прикаспийской впадины [11];

решить проблему иерархии геологических объектов в плане системного петрофизического анализа нефтегазоносных областей; в нефтегазовой геологии этот вопрос остается до сих пор предметом дискуссий [10];

определить место системного петрофизического анализа в общем комплексе системных геологических исследований.

Мы считаем, что системный петрофизический анализ имеет преимущество перед традиционными петрофизическими исследованиями в том, что он дает возможность извлечь максимальную информацию из этих исследований и поднимает их на новый уровень обобщения фактического материала.

Л и т е р а т у р а

1. К о б р а н о в а В.И. Физические свойства горных пород: (Петрофизика). М.: Гостоптехиздат, 1962. 490 с.
2. К у л ы н д ы ш е в В.А., М а л ы ш е в Ю.Ф., Р о м а н о в с к и й Н.П. Петрофизика: ее место и роль в геолого-геофизических исследованиях//Геология и геофизика. 1980. № 1.

3. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых: (Петрофизика). М.: Недра, 1976. 527 с.
4. Физические свойства осадочного чехла Восточно-Европейской платформы. М.: Недра, 1975.
5. Петрофизика коллекторов нефти и газа. М.: Недра, 1975. 286 с.
6. Дмитриевский А.Н. Системный литолого-генетический анализ нефтегазоносных осадочных бассейнов. М.: Недра, 1982. 230 с.
7. Магара К. Уплотнение и миграция флюидов: Прикладная геология нефти. М.: Недра, 1982. 296 с.
8. Огнев А.О. Уплотнение и физические свойства терригенных отложений//Усовершенствование методов изучения месторождений с целью увеличения нефтеотдачи пластов. М.: Недра, 1982. 108 с.
9. Петрофизика осадочных пород чехла древних и молодых платформ и нефтегазоносных структур на примере Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы. М.: Недра, 1984. 230 с.
10. Системные исследования в геологии каустобиолитов. М.: Наука, 1984. 191 с.
11. Барулин Г.И. Геофизические основы регионального прогноза нефтегазоносности. М.: Недра, 1983. 176 с.
12. Юдборовский И.Х. О методике построения схем регионального изменения плотности пород и гравитационного влияния осадочного покрова на территории запада Средней Азии//Материалы по геофизическим исследованиям. Л.: ВСЕГЕИ, 1964. 115 с.

УДК 549.642.1.2.3:548.32.33

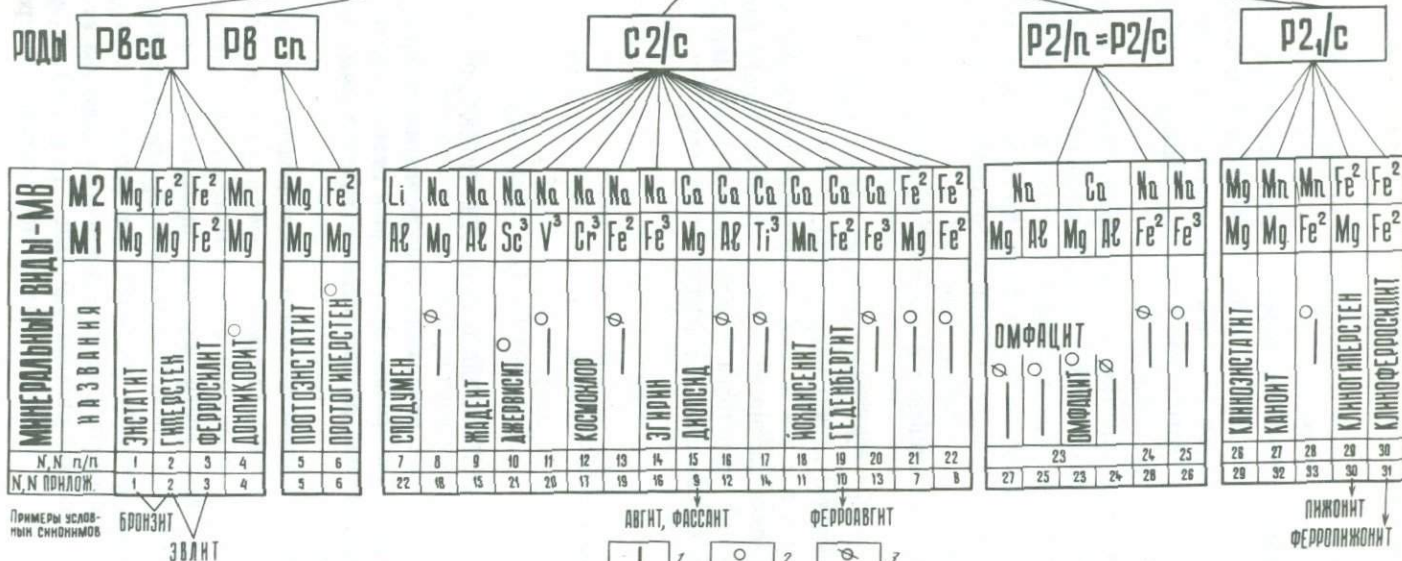
Г.Б. Божий, И.В. Гинзбург

СИСТЕМАТИКА В СЕМЕЙСТВЕ ПИРОКСЕНОВ

Системный подход в минералогии предусматривает прежде всего упорядочение множества минералов. В настоящей статье в качестве примера обработки подмножества рассматривается классификация минералов в семействе пироксенов.

В согласии с основами учения о классификации и с элементарными представлениями научной информатики методически разработаны [1, 4, 5, 9, 10, 15] новые принципы и общие положения систематики минеральных видов, которые здесь кратко изложены применительно к пироксенам [7, 8, 20]. В результате анализа существенных кристаллоструктурных свойств и идеально упорядоченного распределения катионов по структурным позициям в распространенных и редких пироксенах получена итоговая таблица их кристаллохимической систематики (рис. 1) [7, 8]. В этой систематике главным является логически выявленное понятие "минеральный вид"

СЕМЕЙСТВО ПИРОКСЕНОВ - M2 M1 [T₂O₆]



Р и с. 1. Систематика в семействе пироксенов. В позициях M2 и M1 дано 100%-ное содержание преобладающего катиона; в каждом роде MB обычно выписаны в порядке развернутой формы таблицы Менделеева - вначале катионы всех А-подгрупп, затем В-подгрупп; все MB - в каждом роде - выделены по единому условию преобладающего катиона в позициях M2 и M1 (в том числе и Н.МВ № 23 - омфацит⁰, и № 24, 25, 27 без собственных названий). По другому условию на месте позиций M2 и M1 учитывалось по паре подпозиций с разными катионами в них, что позволило допустить один П.МВ - омфацит с четырьмя минеральными подвидами - № 23-25, 27.

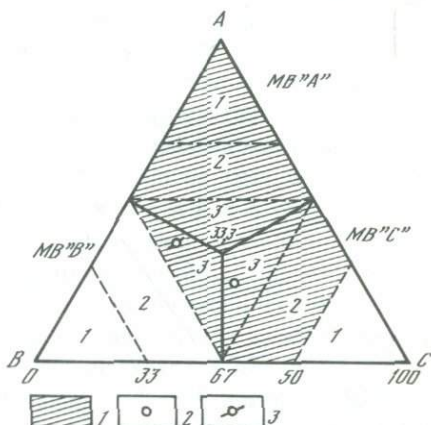
1 - прочерк у неназванных MB; 2, 3 - разные неопределенные MB (см. текст). Нижняя нумерация - это номера минеральных видов [7, с. 14-44]

(МВ) [1, 10, 15], а также его строго иерархическое отношение с надвидовым понятием - "родом" = "структурным типом" и с подвидовым понятием - "разновидностью минерального вида" (Р.МВ). Определение этих понятий дано ниже.

Введено также понятие преобладающего катиона. Оно используется по отдельности для двух позиций структуры пироксенов - М2 и М1, имеющих значение для их систематики. Именно эти катионы принимаются за компоненты систем двух катионных позиций пироксенов. Ограничиваются МВ сверху 100%-ным составом, снизу 50%-ным в двойной системе и 33,3%-ным в тройной системе (рис. 2). Эти границы оказались приемлемыми для остальных силикатов и других минералов, т.е. оказались универсальными. Предлагаемые, иллюстративные по сути, треугольные диаграммы (см. рис. 2) несовместимы с физико-химическими диаграммами, применяемыми в петрологии. Оказалось гораздо проще и точнее выявлять составы МВ по вычисленным формулам, применяя при этом особый формат записи катионов в двух позициях М2 и М1 по отдельности, при условии идеальной упорядоченности, всегда начиная от преобладающего катиона к двум следующим за ним. Более чем тройных систем практически нет.

Введены понятия предельных МВ (П.МВ), содержащих преобладающие катионы в позициях М2 и М1 от 100-67% и ниже, а также непредельных МВ (Н.МВ) с содержанием хотя бы в одной из них преобладающего катиона не более 67% и до 50 или от 50 до 33,3%. Одни из таких Н.МВ при приведении к 100%-ному составу имеют полную компенсацию валентности (они с меткой⁰), а другие не имеют (они с меткой[±]). В этом их различие.

Определение понятий - таксонов систематики. Род = структура у р н ы й т и п. Соответствие структурного типа роду принято Г.Б. Бокием в 1964 г. [3]. У разных семейств минералов он может проявиться в типе симметрии (=сингонии), например кубической у граната,



Р и с. 2. Предлагаемые границы пироксенов МВ "А", "В", "С" в тройной системе А-В-С (двойные системы - стороны треугольника). На два треугольника, отвечающие соответственно позициям М1 и М2, нанесены приведенные к 100% содержания преобладающего катиона и двух следующих за ним. Пунктирными линиями даны границы частей (зон) МВ: 1, 2, 3 [7, 8], по которым к тому же выделяются П.МВ (зоны 1+2+3; 1+2; 1+3) и Н.МВ (зоны 2; 3; 2+3);

1 - сводные данные по разным пироксенам; 2 - см. табл. 2, № 20, для V_{44}^{3+} ; 3 - см. табл. 2, № 14, для Ti_{39}^{3+}

гексагональной у апатита и т.п.; в пространственной группе симметрии, например $C2/c$, $R\bar{3}ca$ и др. – у пироксенов, $C2/m$, $R\bar{3}m$ – у амфиболов и т.п.; в полиптилии, например $1M$, $1Ma$, $2M_1$, $3T$, $2M_2$ – у слюд и т.п. Род = структурный тип отражает также полиморфную фазу. При этом названия (=обозначения) рода и минерального вида могут совпадать; например, в семействе вюрцита имеются роды: Вюрцит $8H$, Вюрцит $10H$, Вюрцит $9R$; также записываются и их MV .

М и н е р а л ь н ы й в и д. В это определение Г.Б. Бокий [4] внес значения нижних границ согласно решению совещания [1]. "Минеральным видом называется простое вещество или химическое соединение, выкристаллизовавшееся в результате гео- или космохимического процесса из природной физико-химической системы. Состав MV соответствует компоненту системы или участку фазы переменного состава, в котором один из компонентов преобладает (т.е. в двухкомпонентной системе превышает 50%, а в трехкомпонентной – 33,3%), или же сложному промежуточному химическому соединению постоянного состава в этой системе или же переменного – с теми же пределами" [7, с. 5].

Р а з н о в и д н о с т ь м и н е р а л ь н о г о в и д а [8, 10, 20]. Находясь ниже уровня MV , разновидность выделяется по отсутствию 100- 50-33,3%-ного природного аналога для примеси, по которой разновидность называется. С открытием в том же роде нового MV , у которого примесь этого элемента оказывается преобладающим катионом, $P.MV$ становится квазисинонимом своего MV .

Обычно термин " $P.MV$ " применяется для выделения частей твердых растворов по физическим, оптическим и другим свойствам; но в этом смысле $P.MV$ не является таксоном систематики, так как находится в пределах понятия MV . На самом деле это не $P.MV$, а представители, части MV , и они должны обозначаться в числах содержания преобладающих катионов. Их специальные названия переводятся в синонимы соответствующих MV .

У с л о в н ы й с и н о н и м (УС) [7, 8, 10]. Он представляет собой более или менее широко, реже малоупотребляемое название, охватывающее ту или иную, обычно большую часть MV в принятых здесь рамках MV . Границы УС, как правило, неопределенные, к тому же каждый УС имеет набор своих синонимов, названных синонимами условных синонимов (СУС) [10].

На XXVII Международном геологическом конгрессе (Москва, 1984 г.) применялся термин "к в а з и с и н о н и м" (КС), что, вероятно, лучше, и он принят здесь вместо "условный синоним".

С и н о н и м (=простой, обычный синоним) (С). Этот термин отвечает полному понятию MV или той или иной его части; иногда он отражает разные проявления физических свойств отдельных частей MV ; может встречаться в различных написаниях.

Т а б л и ц а 1

Запись формул для обоснования МВ для отдельных родов
(на примере пироксенов)*

№ МВ	МВ	Зоны МВ*2	Преобладающий катион и два следующих за ним*3						Литературный источник			Название в ссылке, приме- чание
			Позиция М2			Позиция М1			Ссыл- ка	Табл.	Ана- лиз	
			Ca	Na	Fe ²⁺	Mg	Al	Fe ²⁺				
к	Диопсид*4	I/2	70	23	7	60	20	10	х	у	z	Омфацит; Ti ³⁺ =4 в М1

*1 Учтены лишь позиции структуры, имеющие значение для систематики, и идеальная упорядоченность - с наиболее крупными катионами в позиции большого размера.

*2 См. зоны I-3 на рис. 2; здесь I/2 означает зону I в позиции М2 и зону 2 в позиции М1.

*3 Коэффициенты при катионах умножены на 100.

*4 Сокращенные обозначения состава диопсида: I/2 - диопсид, Ca₇₀Mg₆₀ - диопсид, CaMg - пироксен.

Табл. I является трафаретом для записи в определяющих систематику структурных позициях катионов (анионов) по уменьшению их количества - от преобладающего ко второму и третьему. Катион (анион), по которому выделяется Р.МВ, указывается в примечании. В отдельной структурной позиции (или в нескольких, взятых вместе) может преобладать тот или иной катион (анион). Именно такие позиции первостепенны для систематики. Их у пироксенов оказалось две; по ним и выделены МВ [7].

Т а б л и ц а 2

Список новых Н.МВ*

№ МВ на рис. I	Род- ПГС*2	Число фор- мул [7]	Преобладающий катион x100		Дано по литера- туре [7]
			М2	М1	
Род-ПГС, с*3					
Н.МВ ⁰					
6	Pbcn	I	Fe ² 56	Mg 100	Не опр.
7	C2/c	10	Fe ² 63-40	Mg 100-50	С.и.*4, ПГС
8	"	6	Fe ² 60-49	Fe ² 83-63	С.и., ПГС
20	"	I	Na 98	v ³ 44	Не опр.
23	P2/n	4	Ca 56-48	Mg 48-44	С
25	"	5	Na 55-48	Al 51-40	С
26	"	5	Na 85-57	Fe ³ 39-34	С
33	P2 ₁ /c	I	Mn 48	Fe ² 84	ПГС

№ МВ на рис. I	Род- ПГС*2	Число фор- мул [7]	Преобладающий катион x100		Дано по лите- ратуре [7]
			M2	M1	Род-ПГС, с*3
H. MB ^б					
I2	C2/c	4	Ca 70-46	Al 69-43	С.и., ПГС
I3	"	6	Ca 68-56	Fe ³ 60-34	С.и.
I4	"	1	Ca 100	Ti ³ 39	С
I8	"	2	Na 52-50	Mg 53-50	Не опр.
I9	"	2	Na 81-76	Fe ² 43-40	"
24	P2/p	1	Ca 52	Al 40	С
27	"	2	Na 56-62	Mg 49-42	ПГС
29	"	4	Na 72-61	Fe ² 39-35	ПГС

* Назван только МВ № 6 (см. рис. I).

*2 ПГС - пространственная группа симметрии.

*3 С - расшифрована структура природного пироксена.

*4 С.и. - расшифрована структура искусственного аналога пироксена.

В табл. 2 приведены выявленные нами 15 неизвестных ранее МВ, кото-
рые обоснованы формулами и структурно [7]. Эти МВ, кроме одного, не
названы и даны прочерком на рис. I. Вследствие утраты образцов этих
минералов, неполных данных о них, а также по ряду других причин
табл. 2 стала списком предсказанных новых МВ пироксенов. Недавно Ко-
миссия ИМНМ ММА признала новыми два пироксена, которые до этого уже
фигурировали на оригинале рис. I¹: $\text{NaV}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_6$ - наталит [18] (см.
табл. 2, № 20), это также "натрий-ванадий пироксен" [7, 8] или "ва-
надиевый эгирин" [8, 10]; $\text{CaFe}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_6$ - эссенит [22] (см. табл. 2,
№ 13), это также "кальций-ферри пироксен" [7, 8, 10].

Третий новый МВ - питданнит ($\text{CaZnSi}_2\text{O}_6$) [23] ожидался нами еще в
1979 г., исходя из повышенного содержания Zn в некоторых представите-
лях МВ диопсида; поэтому даже ввели Р.МВ - цинковый диопсид [10]. Те-
перь это название стало КС при МВ диопсид; подобный переход Р.МВ в КС
отмечен и в табл. 4.

Подтверждение двух предсказанных и одного ожидаемого МВ пироксенов
показывает правильность принятого пути системно-классификационного
анализа при рассмотрении всего семейства пироксенов, как и ряда дру-
гих силикатов.

¹ Оригинал этого рисунка демонстрировался на нескольких всесоюзных
совещаниях, например: Черноголовка, 1981 г. [6], Сыктывкар, 1985 г.;
на трех международных: XIII съезд ММА, Болгария, 1982 г., XXVII МК,
СССР, 1984 г., X ЕКК, Польша, 1986 г. [20], а также на многих мест-
ных совещаниях.

Списки синонимических названий
трех минеральных видов пироксенов
(на 1979 г. с добавлениями 1982 и 1985 гг.)

МВ ДИОПСИД	КС Авгит	КС Бедный кальцием авгит
С Авгит	С Авгит базальтический	С Авгит
Авгит-диопсид	Авгит, богатый алюминием [16]	Бронзит-авгит
Аламит	Авгит-Корея	Гиперстен-авгит
Алалит [16]	Авгит обыкновенный	Диопсид
Алюминиевый авгит	Алюминиевый омфацит [16]	Пиджонит
Алюминиевый диопсид [16]	Антохроит	Пижонит-авгит
Алюмодиопсид	Байкалит	Пижонит-салит
Антохроит	Виолаит	Пижонитовый авгит
Байкалит	Геденбергит-авгит	Субкальциевый авгит
Безглиноземистый пироксен [13]	Гиперстен-авгит [16]	КС Богатый кальцием авгит
Богатый магнием авгит	Диаллаг	С Авгит-диопсид
Виолан [21]	Диопсид-авгит	Высококальциевый пироксен
Высококальциевый пироксен	Кальциевый пижонит	Геденбергит
Диаллаг	Клинопироксен, богатый полуторными окислами	Диопсид
Диопсид-авгит	Малаколит	Диопсид-авгит
Диопсидовый авгит [16]	Мансьёит	Диопсидовый авгит
Диопсидовый пироксен [16]	Натриевый авгит [16]	Салит-авгит
Канаит	Натриевый фассаит [16]	Ферросалит
Кальциевый авгит [16]	Натрий-авгит	Ферросалит-авгит
Кокколит	Обыкновенный авгит [19]	КС Марганцовистый диопсид
Лавровит [25]	Омфацит	С Джефферсонит [16]
Магнезиодиопсид	Омфацит-фассаит	Манган-диопсид
Маисоит [2]	Пиджонит	Мангандиопсид
Маисонит	Пижонит-авгит [16]	Марганец-диопсид
Малаколит [16]	Пижонит нормальный	Марганец-магнезиодиопсид
Мансьёит [16]	Пижонитовый авгит [16]	Марганцовистый салит
Марганцевый диопсид	Полнокальциевый пироксен [13]	Марганцевый авгит
Муссит [16]	Протеит	Марганцевый диопсид
Натриевый диопсид [16]	Салит-авгит [13]	Цинковый шефферит [16]
Натриевый фассаит [16]	Сода-авгит	Цинк содержащий марганцевый диопсид [16]
Натрий-авгит	Субкальциевый авгит	Цинк содержащий салит [16]
Омфацит-фассаит		

МВ Диопсид	КС Авгит	КС Марганцовистый диопсид
Пиджонит	Субкальциевый ом- фацит [16]	С Цинк-шефферит [16]
Полнокальциевый пи- роксен [13]	Трахиавгит	КС Титанистый авгит
Протеит [16]	Фассаит	С Богатый титаном ав- гит
Салит	Ферриавгит	Титанавгит [16]
Субкальциевый диоп- сид [11]	Функит	Титан-авгит
Траверселлит	Эгирин-авгит	Титанистый авгит
Фассаит	Энстатит-авгит [16]	Титановый авгит
Федоровит	Эрнит	Титансодержащий ав- гит
Эгирин-авгит		
Эгириновый авгит	КС Магниевый авгит	КС Титанистый диопсид
Энститит-диопсид	С Алалит [16]	С Титанистый авгит
Эрнит	Богатый магнием авгит	Титанавгит
	Виолан [21]	Титан-авгит
КС Ванадиевый авгит	Каанаит	КС Титанистый фассаит
С Ванадий-магнезио- диопсид	Лавровит [25]	С Богатый титаном и алю- минием пироксен
Ванадийсодержащий авгит	Лейкавгит	Титанавгит
Ванадиевый бронзит [16]	Магнезиальный ав- гит	Титан-авгит
	Муссит	Титанистый фассаит
КС Омфацит	Салит	Титановый авгит [16]
С Акмитовый диопсид	Траверселлит	Титанфассаит
Акмитовый диопсид- жадеит [16]	Эндиопсид	Титан-фассаит
Алюминиевый омфацит [16]	Энстатит-диопсид	
Богатый кальцием омфацит	КС Салит	КС Эгирин-диопсид
Диопсид	С Авгит [16]	С Авгитовый хлормела- нит
Диопсид-жадеит	Алюминиевый салит [16]	Акмит-авгит [16]
Диопсиджадеит	Высококальциевый пироксен	Диопсид-эгирин
Жадеит	Диопсид [16]	Кальций-магний-эгирин
Жадеитовый пироксен [16]	Диопсидовый авгит [16]	Натрий-диопсид
Жадеитовый хлорме- ланит [16]	Диопсидовый пи- роксен [16]	Натрий-салит
Жадеитовый диопсид	Диаллаг	Натриевый авгит [16]
Жадеитсодержащий диопсид [16]	Залит	Натровый авгит
Кальций-магний-жа- деит	Кальциевый авгит [16]	Натровый диопсид [11]
Кальций-магний-же- лезо-жадеит	Кокколит	Омфацит-авгит
Кальций-натрий-пи- роксен	Малаколит	Салит-акмит [13]
	Натриевый салит [16]	Сода-авгит [16]
		Урбанит
		Федоровит
		Хлоромеланит
		Хлоромеланит-авгит
		Щелочной авгит

<p>КС Омфацит</p> <p>Магнезиальный омфацит</p> <p>Магниевый омфацит</p> <p>Маиаит [I2]</p> <p>Майяит</p> <p>Маяит [I6]</p> <p>Омфацит</p> <p>Омфацит-акмит [I3]</p> <p>Омфацит-диопсид</p> <p>Омфацитовый пироксен</p> <p>Омфацитовый хлоромеланит</p> <p>Омфацит-фассаит [I6]</p> <p>Субкальциевый омфацит [I6]</p> <p>Тукстилит</p> <p>Тукстлит</p> <p>Хлоромеланит</p> <p>Хлоромеланит-омфацит [I3]</p> <p>Чалчихулит</p> <p>Чалчиуитл [I6]</p> <p>Эгирин-авгит</p> <p>Эгирин-жадеит</p> <p>Эгириновый омфацит</p> <p>Юрит-диопсид</p>	<p>КС Салит</p> <p>Полнокальциевый пироксен [I3]</p> <p>Салит-авгит</p> <p>Ферриавгит [I6]</p> <p>Феррисалит [I6]</p> <p>Функит [I6]</p> <hr/> <p>КС Хромистый диопсид</p> <p>С Глиноземсодержащий хромдиопсид</p> <p>Глиноземсодержащий хромистый эндиопсид</p> <p>Жадеитсодержащий хромдиопсид</p> <p>Лавровит</p> <p>Магнезиальный глиноземсодержащий хромдиопсид</p> <p>Магнезиальный хромдиопсид</p> <p>Магниевый хромдиопсид</p> <p>Хромавгит</p> <p>Хромдиопсид</p> <p>Хромистый магнезиодиопсид</p> <p>Хромистый магниевый авгит</p> <p>Хромистый омфацит</p> <p>Хромистый эндиопсидовый авгит</p> <p>Хромовый авгит [I6]</p> <p>Хромовый диопсид</p> <p>Хромомфацит</p> <p>Хромсодержащий клинопироксен</p>	<p>КС Эгирин-диопсид</p> <p>Щелочной пироксен</p> <p>Эгирин-авгит</p> <p>Эгиринавгит</p> <p>Эгирин-салит [II]</p> <p>Эгирит-авгит [I6]</p> <p>Эгирит-диопсид [24]</p> <hr/> <p>КС Фассаит</p> <p>С Август</p> <p>Алюминиевый авгит</p> <p>Алюминиевый диопсид</p> <p>Алюминиевый пироксен</p> <p>Бедный кальцием авгит</p> <p>Богатый глиноземом авгит</p> <p>Диопсид-авгит</p> <p>Диопсидовый авгит</p> <p>Пигром</p> <p>Пигром [I6]</p> <p>Полнокальциевый пироксен [I3]</p> <p>Содовый авгит</p> <p>Фассаитовый авгит</p> <p>Ферриавгит</p> <p>Ферридиопсид</p>
<p>КС Цинковый диопсид [23]</p> <p>С Анамолит</p> <p>Джефферсонит</p> <p>Марганцовистый цинковый ферросалит</p> <p>Марганцевый цинковый авгит</p> <p>Марганцевый цинковый диопсид</p> <p>Цинк-магнезиодиопсид</p> <p>Цинковый марганцовистый диопсид</p> <p>Цинковый шефферит</p> <p>Цинксодержащий магнезиодиопсид</p>	<p>МВ КОСМОХЛОР</p> <p>С Космохлорит</p> <p>Уреит</p> <p>Урейит</p> <p>Хромакмит</p> <p>Хромовый акмит</p> <p>Хромовый жадеит</p> <p>Хромсодержащий клинопироксен</p> <p>Юрит</p> <p>Юрит</p>	

КС Цинковый диопсид	КС Авгит	КС Бедный кальцием авгит
Цинкосодежащий салит	КС Бронзит	КС Феррогиперстен
Цинкосодежащий ферросалит	С Аллюобронзит [I6]	С Гиперстен
Цинк-шефферит	Бронзит [II]	Железистый гиперстен
	Гиперстен-бронзит	Ортоферрогиперстен
МВ ГИПЕРСТЕН	Железистый бронзит [I6]	КС Эвлит
С Аллюогиперстен [I6]	Известковый бронзит [I6]	С Железистый гиперстен
Амблистегит	Кальциевый бронзит [I6]	Ортоэвлит
Гермарит	Кальциобронзит [I6]	Феррогиперстен
Гиперстен- α	Монрадит [I6]	Эвлизит
Гиперстен- β [I6]	Ортобронзит	Эулизит
Гиперстен-бронзит	Фестин	Эулисит [I6]
Купфферит [I6]		Эулит
Лабрадорская роговая обманка [I6]	КС Марганцовистый гиперстен	
Магнезиогиперстен	С Мангангиперстен	
Мирроитанит [I6]	Марганцевый гиперстен	
Ортогиперстен	Марганцевый феррогиперстен	
Паулит [I6]		Р.КС Аллюминиевый бронзит
Пекгамит [I6]	Р.МВ АЛЛЮМИНЕВЫЙ ГИПЕРСТЕН	С Аллюобронзит
Пекхамит	С Аллюогиперстен	Р.КС Аллюминиевый феррогиперстен
Сабоит [I6]		
Ссабоит		
Сцабоит		
Феррогиперстен		
Фецинит [I6]		

Таблица 3 содержит весь известный нам объем С для трех дескрипторов систематики - МВ: самый большой - у диопсида (с КС, но без Р.МВ и их С) [10], небольшой - у космохлора (не имеющего ни КС, ни Р.МВ) и средний - у гиперстена. Синонимы в основном приведены по [10], а упущенные - по [16]; для некоторых С в качестве примеров указаны первоисточники [2, II-13, 19, 21, 24, 25]. Часть старых названий пироксенов получили новое или уточненное понимание, за счет чего появились дополнительные С. Например, виолан - это омфацит - $P2/n$ [21], один из лавровитов содержит всего 0,01% v_2O_3 [25], т.е. является С при КС хромистый диопсид. По предложению Комиссии ИМНМ ММА старое название МВ космохлор восстановлено, а юрит стал его С; фассаит как "МВ" [16] и Р.МВ [10] снят; в табл. 3 это КС диопсидового МВ.

Основанием для отнесения С к тому или иному МВ или КС, помимо прочего, служила запись катионов согласно табл. I; кроме того, в работе

Содержание минерального вида - МВ ГИПЕРСТЕНА*

Ряд таксонов

(с названиями): Семейство ПИРОКСЕНОВ → род ГИПЕРСТЕНА → МВ → разновидность МВ (их названия даны ниже)

МВ _____	Квазисинонимы - КС _____	Разновидности МВ и КС
ГИПЕРСТЕН _____		АЛЮМИНИЕВЫЙ ГИПЕРСТЕН
	Бронзит _____	Алюминиевый бронзит
	Марганцовистый гиперстен ^{*2}	
	Феррогиперстен _____	Алюминиевый феррогиперстен
	Эвлит	

*Дескрипторы - единицы систематики даны крупным шрифтом

*2 В [10] дается Р.МВ - МАРГАНЦОВИСТЫЙ ГИПЕРСТЕН, но с находкой MnMg ортопироксена [7, 8] этот смысл утрачен, и он стал КС, как показано в этой таблице.

В [10] разновидности при МВ и при КС даны как дескрипторы, здесь исправлено: разновидности КС (Р.КС) переведены в недескрипторы и отнесены к своей разновидности МВ (Р.МВ).

[7] на с. 14-44 в примечании даны авторские названия пироксенов, большинство из которых оказались С. Старые названия пироксенов, если не было их химических анализов, сопоставлялись по разным признакам, взятым из литературных источников.

У МВ диопсид - 15 КС и 266 С; из них 45 относятся к самому названию этого МВ, а 221 распределено между 15 его КС. В целом МВ диопсид имеет 281 (266+15) синонимическое название. У МВ космохлор их 9. У самого МВ гиперстен - 19 С, а у его четырех КС и у трех разновидностей еще 25 С; всего 48 (44+4) синонимических названий.

Прилагательные от наименования разновалентных катионов в названиях МВ, Р.МВ, КС, С и др., где это необходимо, даются нами по значению валентности [7, 10, 14, 17]: титанистый - для Ti^{3+} , хромистый - Cr^{3+} , марганцовистый - Mn^{2+} , но титановый - для Ti^{4+} , хромовый - Cr^{6+} , марганцевый - Mn^{3+} и т.д. Эти же прилагательные применяются и без учета валентности, что вносит путаницу в понимание состава минералов. Нужно писать магниевый, а не магнезиальный, кальциевый, а не известковый, алюминиевый, а не глиноземистый и т.д. Применяются наименования и в именительном падеже [7, 8, 10], например *омфацит*⁰ на рис. 1 это "кальций - магний пироксен - P2/n" и т.п.

Таблица 4 иллюстрирует иерархию таксонов сверху (от семейства) вниз (до Р.МВ) и переход Р.МВ в КС, причем Р.КС входит в синонимику вышестоящей Р.МВ.

Результаты системного анализа показывают, насколько усовершенствована систематика МВ семейства пироксенов. Если к тому же согласиться не употреблять несколько самых распространенных КС - авгит (или авгит и ферроавгит), эгирин-авгит, *омфацит-С*, *пижонит* - и считать их С соответствующих МВ, тогда остальные КС легко будут приниматься за синонимы. При этом общий набор С каждого МВ сократится.

Три главных таксона предлагаемой систематики оказались по сути проявлений взаимосвязанными. При строгой иерархии они не только взаимопредсказательны, но и взаимоподвижны. Так, с обнаружением нового рода сразу возникает новый или новые МВ и Р.МВ. И наоборот, с упразднением рода соответственно исчезают все относящиеся к нему МВ (появления или исчезновения минералов как таковых не происходит, они получают другое место в ячейках систематики). В составе видов - $H.MB^0$, безусловно, может стать П.МВ; для $H.MB^0$ переход в П.МВ неосуществим. Примесь элемента, по которому определяется Р.МВ, может достичь границы, за которой начинается новый МВ того же рода. При находке $H.MB$ или П.МВ сразу Р.МВ превращается в КС или С того МВ, у которого она была прежде разновидностью.

В кристаллохимической систематике, пригодной для информатики и вычислительной техники, тем более не нужны никакие синонимы. Но в прикладных систематиках, преследующих узкие интересы потребителей, некоторые из С могут быть выделены особо.

Проведенная систематизация МВ по предложенной схеме [I, 7-10], основывающейся на идеальном или явном преимущественном распределении катионов по позициям структуры пироксенов (других силикатов и остальных минералов), по нашему мнению, могла бы предварить всю дальнейшую работу по организации и формированию поисково-информационных интеллектуальных систем, с накоплением сведений о химическом составе, формулах, структурных данных и с отнесением всего вводимого к семейству, роду, МВ, Р.МВ. В клетках эквивалентности такого каркаса можно было бы помещать и извлекать все о МВ и их природных совокупностях.

Л и т е р а т у р а

1. Белов Н.В. О межотраслевом координационном совещании по определению понятий "минеральный вид" и "разновидность минерального вида"//Минерал. журн: 1980. Т. 2, № 4. С. 103-104.
2. Бетехтин А.Г. Минералогия. М.: Гос. изд-во геол. лит., 1950. 956 с.
3. Бокий Г.Б. Кристаллические структуры арсенидов, сульфидов, арсеносульфидов и их аналогов. Новосибирск, 1964. 188 с.
4. Бокий Г.Б. Определение понятия минерального вида//Зап. ВМО. 1974. Ч. 103, вып. 6. С. 735-739.
5. Бокий Г.Б. Перспектива создания естественной классификации химических соединений, в том числе минералов//Тр. ИГГ СО АН СССР. 1985. Вып. 610. С. 3-12.
6. Бокий Г.Б., Гинзбург И.В. Роль изоморфизма для обоснования видов в семействах пироксенов, пироксеноидов, амфиболов, слюд//Тез. докл. У Всесоюз. совещ. по проблемам изоморфизма. Черноголовка, 1981.
7. Бокий Г.Б., Гинзбург И.В. О новых принципах систематики минеральных видов на примере пироксенов. М., 1984. 44 с. Депон. в ВИНТИ 26.X.84. № 6918-84.
8. Бокий Г.Б., Гинзбург И.В. Систематика минеральных видов в семействе пироксенов//Тр. ИГГ СО АН СССР. 1985. Вып. 610. С. 12-35.
9. Бокий Г.Б., Кочанова Н.Н., Гинзбург И.В., Анисимова М.П. Применение логического метода систематики минеральных видов для тезауруса и банка данных//Экспресс-информ. науч.-техн. информ. в геологии. ВИЭМС. 1985. № 10. С. 1-6.
10. Бокий Г.Б., Кочанова Н.Н., Теппер Х.-И., Анисимова М.П., Гинзбург И.В. и др. Тезаурус по минералам. М.: ВИНТИ, 1981. Т. 4, вып. 1, раздел 2. С. 197-327.
11. Венедиктов В.М., Глевасский Е.В., Голуб Е.Н. и др. Породообразующие пироксены Украинского щита. Киев: Наук. думка, 1979. 226 с.
12. Геологический словарь. М.: Недра, 1978. Т. 1. 487 с.

13. Дуденко Л.Н., Македов И.Д. Классификация моноклинных пироксенов по типам изоморфных замещений и их диагностика //Зап. ВМО. 1978. Ч. 107, вып. 5. С. 529-543.
14. Лазаренко Е.К. Таксонометрические понятия минералогии //Основные понятия минералогии. Киев: Наук. думка, 1978. С. 16-29.
15. Ляхович В.В. Минералогический словарь//Минерал. журн. 1985. Т. 7, № 1. С. 90.
16. Минералы: (Справочник). М.: Наука, 1981. Т. 3, вып. 2. 614 с.
17. Номенклатурные правила ИЮПАК по химии. М.: ВИНТИ, 1979. Т. 1, полутом 1. 287 с.
18. Резницкий Л.З., Склярёв Е.В., Ушаповская З.Г. Новый хромованадиевый пироксен из Слюдянки//Зап. ВМО. 1985. С. 114, № 5. С. 630-635.
19. Штрунц Х. Минералогические таблицы. М.: Гос. науч.-техн. изд-во, 1962. 532 с.
20. Vokij G.B., Ginzburg I.V. The experience of systematics in pyroxene family//X Europ. crystallogr. Meet., Aug. 1986. Author's abstr. Wroclaw, 1986. P. 272.
21. Brown P., Essene E.J., Peacor D.R. The mineralogy of manganese-rich rocks from St. Marsel, Piedmont, Italy//Contr. Min. Petrol. 1978. Vol. 67, N 3. P. 223-230.
22. Сосса М.А., Пеакоу D.R. Chemistry and structure of Essenite ($\text{CaFe}^{3+}\text{AlSiO}_6$), a new pyroxene by pyrometamorphism//Am. Min. 1987. Vol. 72, N 1. P. 148-156.
23. Essene E.E., Peacor D.R. Petedunnite ($\text{CaZnSi}_2\text{O}_6$), a new zinc clinopyroxene from Franklin, New Jersey, and phase equilibria for zincan pyroxenes//Am. Min. 1987. Vol. 72, N 1. P. 157-166.
24. Heu M.H. An index of mineral species and varieties arranged chemically. L. 1955. 728 p.
25. Schmetzer K., Otteman J. Zur Identität von Lawrowit//N. Jahrb. Min. Monat. 1979. N 4. S. 289.

УДК 558.98 - 551.736

А.Ф. Белоусов, В.О. Красавчиков

ОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

При исследовании и в практике чаще всего приходится иметь дело с неуникальными объектами. Даже в уникальном объекте всегда можно выделить отдельные черты или комплексы признаков, по которым этот объект не уникален, имеет аналоги и может рассматриваться в определенном смысле как проявление воспроизведения, или тиражирования. Для целенаправленного выделения и изучения аспекта воспроизведения может быть использована обобщенная модель системы воспроизведения, предложенная

А.Ф. Белоусовым [1] для анализа популяционной структуры [2] магматических формаций.

В модели используются идеи биологического управляющего генетического кода и теории самовоспроизводящихся автоматов [3]. Особое место в этих концепциях занимает структурный блок, называемый управляющим, регулирующим, программным, кодовым и т.д. Здесь мы прямо сталкиваемся с проблемами управления и информации, которые для геологии и вообще для наук о Земле являются пока познавательной целиной.

Признание в науке феномена информации и его эффективные применения означают, что в дальнейшем уже нельзя замыкаться только на масс-энергетической стороне систем вещей и процессов; это уже констатируется в общеметодологических и общесистемных работах. В науках о Земле (минералогии, геохимии, петрологии, геоморфологии и др.) в последние годы "носятся в воздухе" симптомы того, что в ближайшее время должен произойти взрыв интереса к проблемам информации и управления. Этот новый познавательный пласт начнет интенсивно разрабатываться в основных предметных сферах этих наук и так или иначе потребует внимания геологов.

Структура, и, по-видимому, только она, — носитель информации.

В основу рассматриваемой обобщенной системы с эмерджентным свойством воспроизведения (тиражирования) берутся как раз факторы информации и управления. Формализованная модель системы воспроизведения — это кортеж $S = \langle K, \theta_0, f, I_0 \rangle$, где $K = (X_1, \dots, X_q)$ — стандартный дискретный управляющий (кодовый) структурный элемент системы, описываемый вектором необходимых свойств X_1 , которые, с одной стороны, имеют физический или иной функциональный смысл, с другой — информационный смысл; $\theta_0 = (v_1^0, \dots, v_p^0)$ — необходимое для реализации процесса воспроизведения состояние среды, заданное в критических границах и описываемое вектором значений необходимых параметров v_1 среды (интенсивных, экстенсивных). Пару (K, θ_0) можно назвать критическим фрагментом системы воспроизведения. Далее

$$f(K, \theta) = \begin{cases} I_0, & \text{если } \theta = \theta_0, \\ \emptyset, & \text{если } \theta \neq \theta_0, \end{cases}$$

где $\theta = (v_1, \dots, v_p)$ — вектор значений параметров среды; I_0 — идеальный индивид; \emptyset — пустое множество. Таким образом, идеальный индивид описывается как функция от пары K и θ :

$$I_0 = f(K, \theta) = f(X_1, \dots, X_q, v_1, \dots, v_p),$$

причем если индивид возникает, то независимо от конкретных условий среды θ он имеет (при фиксированном K) одни и те же фенотипические характеристики Y_1, \dots, Y_r . В этом смысле отношение между K и I_0 является однозначным, $K \rightarrow I_0$. Описание индивида вектором стандартных феноменологических признаков $I_0 = (Y_1, \dots, Y_r)$ — четвертая компонен-

та рассматриваемого кортежа, где

$$Y_j = f_j(X_1, \dots, X_q, v_1, \dots, v_p), \quad j = 1, \dots, r,$$

а f тем самым вектор-функция, $f = (f_1, \dots, f_r)$.

Вектор-функцию f можно рассматривать как функцию считывания кода K , т.е. в логико-информационном смысле, либо как оператор с физической или иной содержательной функциональной интерпретацией.

Совокупностью свойств X управляющего элемента K детерминируется совокупность видовых фенотипических признаков Y_i идеального индивида I_0 , представляющего собой как бы фрагмент (ядро) фенотипа реального индивида I .

Индивиды I , возникающие в результате функционирования системы S , образуют одновидовую популяцию P_0 , характеризующуюся совокупностью мод $\{M_i^0\}$ значений признаков Y_i .

Модель, помимо решения прямых исследовательских задач (при заданном K), может быть ориентирована и на решение "обратных" задач. В этом случае для статистически выделяющейся унимодальной совокупности близкосходных образований (популяции P) в механизме ее генезиса отыскивается структурный элемент K , который находится в однозначном отношении с любым индивидом этой популяции, $K \rightarrow I$. При этом требуется, чтобы из свойств элемента K выводился некоторый набор обязательных фенотипических признаков (которые могут быть верифицированы как видовые признаки Y_i). Этот набор выделяет данную популяцию среди прочих.

Термин популяция в соответствии с уже складывающейся традицией рассматривается здесь как термин общенаучного пользования.

Система воспроизведения S может быть рассмотрена в аспектах физическом (или ином дисциплинарном), кибернетическом и информационном, в статическом и динамическом. Обобщенная модель воспроизведения, как нетрудно понять, ориентирована на выявление детерминистской компоненты в генезисе. Рассматриваемая обобщенная модель применима к любым неуникальным вещественным объектам, к их состояниям и к процессам генерации этих объектов и состояний.

Например, бессдвиговое состояние, участок с таким состоянием (в частности, ядро Земли), его разрастание воспроизводятся под контролем сплошного фазового участка изотропной упаковки частиц. Модель применима к природным вещественным образованиям (где следует говорить о воспроизведении) и к продуктам материального производства (где имеется тиражирование). Равно эта модель применима к интеллектуальным (идеальным) объектам, их состояниям, процессам.

Так, классификационные единицы (таксоны) и отнесение к ним объектов вполне могут рассматриваться как популяции мысленных объектов, воспроизводимые на основе управляющего структурного элемента в виде мысленного стандарта или образа индивида. В случае номинальной (ис-

кусственной) классификации это произвольно задаваемый мысленный стандарт, в случае ненулевой - некоторый выявляемый с помощью процедур обучения образ, отражающий объект исследования. Иначе говоря, в качестве индивидов могут быть предъявлены и рассмотрены объекты, состояния, процессы. Поэтому нам представляется, что модель заслуживает внимания не только с конкретно-научных, но и с общих философско-методологических позиций.

Обобщенная модель системы воспроизведения требует уточнения категории индивида в исследуемой предметной области, если сам факт воспроизводимости объектов очевиден. Так, например, обстоит дело с горными породами, для которых становится все более ясным, что они группируются в популяции; в западной петрологии довольно широко распространен термин *rock populations*. Подавляющее большинство петрологов пока настроены скептически в отношении выделения горнопородных индивидов. Отрицательно к этому относился академик А.Н. Заварицкий, который рассматривал мир изверженных пород как предметный континуум. Вместе с тем в рамках рассматриваемой модели при учете макрофизических фазовых управляющих структурных элементов и фазовых отношений выделение горнопородных индивидов не встречает принципиальных препятствий для магматических горных пород (этот вопрос был рассмотрен ранее) [1, 2, 4, 5].

Обобщенная модель воспроизведения конкретизирует и облегчает решение проблемы уровней организации для разнообразных объектов и процессов, где имеет место сборка (агрегация) частиц, тел, частей тел. Новообразуемый индивид во всех таких случаях базируется на управляющих структурных элементах определенного более низкого уровня с их специфическими физическими и информационными свойствами. Выделяемый новый, более высокий уровень организации должен обладать не только составным характером, но и свойством воспроизведения на базе определенного, четко интерпретируемого механизма (который здесь и выражает закон композиции системы).

С этой точки зрения представляется познавательной малоинформативной привычная формулировка, согласно которой геологическая (горнопородная) формация - это ассоциация горных пород. Под горной породой, как известно, понимают связанный минеральный агрегат. Здесь упускается из виду популяционный уровень ассоциаций горнопородных индивидов (*rock populations*), который действительно закономерен в системе воспроизведения и вполне может трактоваться как надпородный уровень организации. Горнопородная формация, если она не сводится к единственной популяции пород, должна рассматриваться как совокупность популяций. Для так называемого формационного уровня, если считать его самостоятельным, по-видимому, надо искать свои механизмы воспроизведения, базирующиеся на горнопородных популяциях как на исходных единицах, и этот аспект формаций пока, оказывается, почти совершенно не изучен.

Рассматриваемая модель, по-видимому, имеет познавательные возможности в смысле изучения иерархии уровней организации для макрофизического, молекулярного и атомного уровней, а также для уровня элементарных частиц, способных к образованию путем синтеза.

А.Ф. Белоусов в порядке предварительного обзора проверял полезность модели на разнообразных вещественных объектах разных уровней организации (микрофизического химических соединений, кристаллохимического, метеорологического, биоэкологического, геоморфологического, горнопородного, деформационных структур и разнообразных других геологических образований, космологических объектов). В разных предметных областях применение модели часто дает неожиданные результаты, позволяя по-новому осмыслить генезис, структуру и состояние изученности массовых образований.

Можно утверждать, что в науках геолого-географического цикла при рассмотрении генезиса обычно ограничиваются тривиальной системой объект - внешняя среда. Принимается, что объект полностью запрограммирован внешней средой. В рассматриваемой нами системной схеме на объект (индивид), помимо необходимых факторов внешней среды, влияет фактор "внутреннего", имманентного этому объекту контроля в виде структурного управляющего элемента.

Из наук о Земле, помимо биологии, эта идея наиболее явно просматривается в новейшей минералогии, где используются принципы кристаллохимического контроля минералообразования элементарной ячейкой, матричного химического синтеза, аналогии с биологическим видообразованием. Хуже обстоит дело в петрологии и литологии. Так, в магматической петрологии при изучении генезиса объектов ликвации - ликвационных капель - на фазовый раздел между несмешивающимися жидкостями (мениск) обычно принято смотреть просто как на феноменологический признак. Однако оказывается, что дискретный мениск, разделяющий жидкие фазы с разным ближним порядком внутренней структуры, функционирует как физическая мембрана, ориентируя градиенты концентрации и плотности в своей окрестности и направляя диффузию при разрастании капли. Таким образом, генетическая модель с управляющим структурным элементом (в данном случае это мениск) обеспечивает более упорядоченное, углубленное и содержательное исследование генезиса, ориентирует его на выявление критического звена, "золотого гвоздя" в генезисе.

Выявление и познание управляющих структурных элементов в системах воспроизведения массовых геонимических объектов, как полезных (рудные тела, залежи нефти, газа, подземных вод и др.), так и негативных (овраги и т.п.), имеют большой прикладной интерес. Здесь надо обратить внимание на тот факт, что наиболее убедительные познавательные выводы и наиболее прикладные результаты получаются как раз там, где удастся выявить и интерпретировать либо практически нащупать и использовать управляющий структурный элемент системы воспро-

изведения. Так, наиболее ощутимые успехи нефтегеологии связаны с выявлением ловушек, в которых действуют архимедовы силы. Борьба с заораживанием земель – это, по существу, проблема ликвидации зародышевых элементов долин-тальвегов. Можно предложить идею практического метода восстановления истинного палеомеридиана по столбчато-ветвистым строматолитам, учитывая, что рост строматолитового столбика управляется фотосинтезирующей и минерализующей микробной пленкой.

Во многих случаях познавательные и практические возможности использования управляющего элемента системы воспроизведения ясны даже неспециалисту. Очень любопытны с этой точки зрения интенсивные атмосферные вихри типа торнадо и низкоширотных циклонов; оказывается, что их формирование и фенотипические черты контролируются границей квазитвердотельно вращающегося столба воздуха; природа здесь нашла "жесткий" управляющий структурный элемент в виде воздушного волчка, который способен подпитываться через свою псевдофазовую границу конвективной энергией и массой из окружающего воздуха и создавать индивид торнадо либо циклона. Проблема предсказания, а может быть, и регулирования этих катастрофических вихрей, по-видимому, может решаться через прогноз квазитвердотельных сердцевин и воздействия на них.

"Золотой гвоздь" генезиса в виде структурного управляющего элемента и критического фрагмента системы воспроизведения обычно упускается из виду; эта методологическая причина, по-видимому, одна из основных, порождающих разноречивые генетических высказываний по поводу одних и тех же объектов.

Структурный управляющий элемент задает наблюдаемую с и м м е т р и ю образуемых индивидов, на которую в генетическом анализе не обращают систематического внимания. Так, осесимметричная форма ледяной сосульки или известкового сталактита задается твердофазной водосмачиваемой отрицательной вершинкой, которая все время воспроизводится. Субкруговая симметрия астроблемы задана двумерной мишенью твердотельной поверхности космического тела, которая, по определению, имеет большую площадь, чем сечение метеоритного тела – ударника. Осевая зеркальная симметрия эрозионной долины задается ее управляющим элементом – тальвегом. Осевая квазибесконечная симметрия слоя любого осадка задается двумерной поверхностью, фиксирующей осадок, и т.д. В двухблочной системе объект – внешняя среда объяснить симметрию объекта, по-видимому, трудно.

Вычленение критических значений θ_0 из общей совокупности значений θ факторов внешней среды позволяет упорядочить исследование экологии индивидов и популяций, распространив это понятие на всевозможные макрофизические образования сверх биологических. Можно упорядочить изучение типоморфизма минералов и минеральных ассоциаций, развить аналогичные упорядоченные схемы типоморфизма и экологии горных пород.

Приведенные фрагментарные примеры возможностей применения обобщенной системы воспроизведения дополним еще тем, что она может быть полезна в уяснении проблемы естественной классификации. Видовые или квазивидовые группы индивидов со своими верифицируемыми управляющими структурными элементами, по-видимому, выражают собой объективный онтологический статус базовых таксонов в так называемых естественных, или приоритетных, классификациях (систематиках биологических видов, химических элементов, элементарных частиц). Особая ценность этих видовых или квазивидовых классификаций состоит в том, что они оказываются многоцелевыми. В геологии одной из самых насущных задач сейчас представляется разработка квазивидовых классификаций горных пород.

В тех случаях, когда возникает проблема надвидовой классификации (т.е. необходимо исходя из выделенных одновидовых популяций выявить таксоны более высокого ранга, как, например, роды, семейства и т.п.), модели воспроизведения можно придать более широкое содержание. Такое более широкое содержание отражено в понятии макросистемы воспроизведения. Основное отличие заключается в том, что управляющий элемент $K = (X_1, \dots, X_q)$ допускает вариацию кодовых значений, т.е. X_j , $j = 1, \dots, q$ трактуются как признаки, принимающие конечное число значений. В результате возникает множество кодовых последовательностей в рамках одного и того же признакового пространства и множество идеальных индивидов, отвечающих этим кодовым последовательностям (функция $f = (f_1, \dots, f_r)$ считается теперь определенной для любой последовательности значений признаков X_1, \dots, X_q). Соответственно признаки Y_1, \dots, Y_r также могут принимать различные значения, чем и обуславливается нетождественность идеальных индивидов.

Итак, представление о таксоне более высокого, чем вид, уровня допускает естественную экспликацию в понятии макросистемы воспроизведения.

Сравнение рангов непересекающихся таксонов в принципе возможно на основе сравнения размеров варьируемых частей управляющих элементов.

Л и т е р а т у р а

1. Белоусов А.Ф. Вещественная композиция магматических формаций и ее природа//Геология и геофизика. 1986. № 7. С. 8-18.
2. Белоусов А.Ф. Популяционная модель в исследовании ассоциаций магматических пород//Там же. 1979. № 1. С. 35-45.
3. Нейман Дж. фон. Теория самовоспроизводящихся автоматов. М.: Мир, 1971. 382 с.
4. Белоусов А.Ф. Общие принципы классификации горных пород //Методология литологических исследований. Новосибирск: Наука, 1985. С. 219-235.
5. Белоусов А.Ф., Кривенко А.П., Полякова З.Г. Вулканические формации. Новосибирск: Наука, 1982. 281 с.

О.К. Кадетов, А.И. Колесников, В.В. Кравцов

ГЕОИНФОРМАТИКА И ГЕОКИБЕРНЕТИКА – ДВА НАПРАВЛЕНИЯ
СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗЕМЛИ

В этой статье предпринята попытка очертить сферы интересов и определить характер взаимодействия (хотя бы в первом приближении) двух в известной мере самостоятельных направлений, сформировавшихся в рамках системного подхода к изучению Земли. Оба направления объективно существуют, имеют своих сторонников и дали уже немало интересных результатов, но до сих пор ни методологически, ни организационно не "узаконены". Это приводит к стихийности в научных и практических изысканиях, неупорядоченности понятийного аппарата, неоправданному дублированию исследований и разработок и, что самое главное, к неосведомленности специалистов, мало знающих о тех возможностях, которые предоставляют им геоинформатика и геокибернетика. Не новы и сами эти термины, но их часто трактуют по-разному, что, естественно, отнюдь не способствует прогрессу в рассматриваемых направлениях.

В связи с терминологией необходимо подчеркнуть также, что термин "информация" нам придется использовать в двух смыслах: узком, в котором "информация" является почти синонимом термина "сведения", и широким, в котором термин "информация" характеризует такие понятия, как "разнообразие" или "мера разнообразия", и отражает всеобщее свойство материи [1, 2]. В предлагаемых ниже определениях очень важно видеть эту разницу в смысловой нагрузке термина "информация".

Геоинформатику следует рассматривать как отрасль знаний о закономерностях получения, отбора, преобразования, хранения и распространения информации (в узком смысле) о природных и техногенно-природных системах, знания о которых составляют предметы комплекса геолого-географических наук.

Геокибернетика представляет собой отрасль знаний о закономерностях строения сложных самоорганизующихся и саморазвивающихся природных и техногенно-природных систем и о протекании в них процессов управления развитием. Ее можно определить так же, как отрасль знаний об общих законах хранения, передачи и переработки информации (в широком смысле) в системах, служащих объектами геолого-географических наук.

Нетрудно видеть, что в указанном понимании геоинформатика опирается на целевой, системомыследательный подход, а геокибернетика – на системно-объективный подход. Но оба эти подхода тесно связаны друг с другом, противопоставлять их друг другу нецелесообразно [3]. Более того, сильные стороны обоих подходов должны быть объединены в один естественно-целевой подход [4]. Общность целевого и системно-

объективного подходов сродни общности информатики и кибернетики вообще, геоинформатики и геокибернетики в частности.

Оценивая связи между геоинформатикой, геокибернетикой и другими науками о Земле, отметим цикличность этих связей, что обеспечивает их взаимное дополнение и развитие "по спирали". На каждом нечетном цикле геоинформатика, опираясь на общее представление о Земле как целостной системе, носителем которого является геонимия в понимании И.В. Крутя [5], снабжает отраслевые науки и геокибернетику упорядоченными сведениями об объектах этих наук. Геокибернетика, кроме того, черпает знания из предметной области отраслевых наук и, получив своими методами новое научное знание, создает предпосылки для совершенствования геонимии. Геоинформатика первична по отношению к отраслевым наукам и геокибернетике в том смысле, что может обойтись первоначально без специфического знания этих наук, а они без данных, закономерностями отбора и преобразования которых призвана заниматься геоинформатика, обойтись не могут. У геокибернетики много общего с геонимией, но есть и существенное различие: если геонимией подсистемы Земли охватываются генерализованно, лишь в связи с естественной системой Земли в целом [5], то объектами геокибернетики могут быть процессы и явления в самих этих подсистемах. Системная методология и аппарат кибернетики, в свою очередь, отличают геокибернетику от отраслевых геолого-географических наук.

На четных циклах между науками о Земле возникают обратные связи, кроме того, осуществляется переход из сферы получения научных знаний в сферу их реализации, когда наука становится непосредственной производительной силой общества. При этом геоинформатика, в частности, способствовала возникновению перспективного прикладного направления, ориентированного на оптимизацию управления минерально-сырьевой базой и основанного на многофакторном анализе с применением человеко-машинных систем программно-целевого планирования [6]. Примечательно, что, хотя методы и технические средства, разработанные в собственно кибернетике, находят практическое использование в этом прикладном направлении, оно напрямую связано с геоинформатикой, но не с геокибернетикой как научной дисциплиной. Точнее поэтому указанное направление считать прикладной кибернетикой на службе производственной геологии, а не "прикладной геокибернетикой", как в работе В.В. Марченко с соавторами [6]; ведь не выделяем же мы в отдельную дисциплину "геоматематику", когда используем количественные методы при решении практических геологических задач.

Вообще приставка "гео" ко многому обязывает. Во-первых, она не только адресует предметную область научной дисциплины, но и указывает на ее новое качество. Геофизика, например, это не просто физика в геологии, а качественно новая дисциплина со своим методическим аппаратом и своими закономерностями. Во-вторых, приставка "гео" в равной степени применима ко всем наукам о Земле, а не только геологического профиля.

Геоинформатика и геокибернетика, взаимодействуя и взаимно дополняя друг друга, сохраняют все же каждая свое поле деятельности, свой круг проблем.

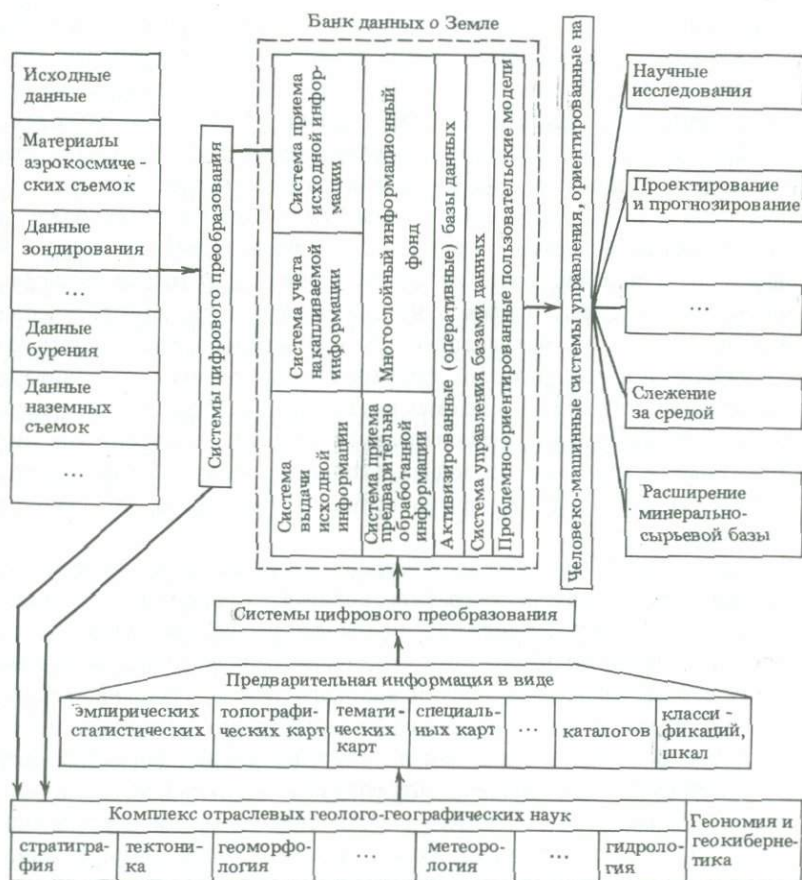
К ведущим проблемам геокибернетики, как следует из определения, относятся проблемы выделения, точнее – опознания природных и техногенно-природных систем в их естественных границах; анализа структур этих систем; получения количественных мер, отражающих особенности строения систем и их взаимодействия с другими системами; разработки критериев оценки состояния систем; анализа вещественных, энергетических и информационных (в широком смысле слова) потоков внутри систем и между ними, а также целый ряд других проблем, требующих адаптации законов кибернетики и общей теории систем [7] к сложным природным системам Земли. И не только адаптации, но и нового осмысления этих законов.

Пожалуй, ни одну из названных проблем нельзя считать сейчас близкой к разрешению. Тем не менее можно привести немало примеров того, как приложение методологии и аппарата исследований, свойственных кибернетике, позволяет выработать новое знание об объектах отраслевых наук [8–12 и др.]. Для иллюстрации возможностей геокибернетики рассмотрим речной бассейн как открытую саморазвивающуюся систему. Определив ее вход и выход, структуру (элементы системы и связи между ними), оценив энергетические способности системы, можно установить ее состояние [13]. В зависимости от этого состояния формации рельефа, которые можно выделить, опираясь на традиционные геоморфологические методы и общесистемную методологию [14], видоизменяются: внутри формаций выделяются фации рельефа. Различия между фациями, соответствующими одинаковому состоянию системы внутри одной формации, напрямую связаны с особенностями функционирования смежных геологических систем. Выявление и описание последних благодаря этому обстоятельству значительно облегчается, что очень важно, в частности, для поисковых работ на нефть и газ.

Новые сведения, полученные геокибернетикой, составной частью входят в информационный поток, регулировать который становится возможным только на основе закономерностей, изучаемых геоинформатикой. Ее становление и развитие стимулируется созданием банков данных – автоматизированных информационных систем высокого ранга, обеспечивающих сбор и поддержание в рабочем состоянии необходимых сведений, многократное и быстрое обращение к ним и получение из них формально-логических комбинаций (проблемно-ориентированных моделей) по запросам потребителей. Банки данных включают в себя базы данных и управляющий комплекс. Основу баз составляет определенным образом организованный информационный массив (фонд), выступающий в качестве эмпирической цифровой модели предметной области. К ключевым проблемам геоинформатики относится проблема способов цифрового моделирования (организа-

ции информационных массивов) и проблема содержания информационных массивов, т.е. информационного насыщения баз данных.

В геолого-географических банках данных содержательная сторона информации должна определяться исходя из количественных и качественных особенностей геосфер и геоболочек. Целесообразно, по-видимому, предусмотреть многослойное содержание информационных массивов. При этом первый слой могут образовывать исходные данные, не прошедшие предварительной обработки (первичная необъективированная фактографическая информация по терминологии Э.Б. Мовшовича [15, 16]). Такая фактографическая информация может выдаваться в упорядоченном виде для использования в отраслевых науках, а внутри банка служить для корректировки, обновления и дополнения информации других слоев (см. рисунок). Во вто-



Принципиальная схема сбора, обработки и передачи информации о Земле

ром слое концентрируются данные о природных и техногенно-природных комплексах, полученные в результате обобщенного специального районирования по различным компонентам ландшафтов, атмосферы и литосферы Земли. В отдельный, третий, слой имеет смысл выделить информацию в объеме и содержании крупномасштабных топографических карт, в четвертый – математические, графические, текстовые и картографические модели из арсенала отраслевых наук, геономии и геокибернетики (см. рисунок). Важно, что детальность, точность и полнота информации третьего и четвертого слоев могут быть дифференцированы с учетом информации второго слоя. Наконец, пятый слой образуется предварительно обработанной информацией о физических полях Земли.

И исходные, и предварительно обработанные данные поступают в банк через системы цифрового преобразования (см. рисунок). На этом этапе информация организуется в модели, пригодные для реализации в ЭВМ. Возникающая здесь проблема способов моделирования связана прежде всего с тем, что основную часть информационных массивов в банке данных о Земле составляют пространственные данные, требующие для интерпретации или ссылок как минимум двух координат, а храниться эти данные должны в одномерной, по сути, памяти ЭВМ. Пространственная неоднородность данных порождает еще одну сложность, вызванную необходимостью моделировать не только собственно свойства, структуру, динамику объектов, но и их пространственную изменчивость, а также степень этой изменчивости. Перед геоинформатикой в связи с указанной проблемой способов моделирования встает задача их систематизации, классификации и унифицирования с целью выявления новых возможностей конструирования баз данных, определения оптимальных форм представления информации и дальнейших путей их совершенствования.

Из принципиальных проблем содержания и организации информационных массивов вытекает необходимость решения многих вопросов, которую должна взять на себя геоинформатика. Сюда относятся: формирование систем классификации и кодирования, определение критериев достоверности данных, стандартизация документации и запросов пользователей, подготовка заданий на системное проектирование автоматизированных систем и др. [15].

В заключение отметим, что представленная на рисунке принципиальная схема сбора, обработки и передачи информации о Земле с использованием интегрированного банка данных является одним из возможных вариантов. Но ясно одно: назрела острая необходимость в создании подобной системы, причем не только на ведомственных уровнях, но и в общегосударственном (или даже международном) масштабе. Это отвечает насущным потребностям наук о Земле, самых разнообразных производственных отраслей и в полной мере соответствует современному требованию внедрения эффективных интегрированных банков данных, сетей обработки и передачи информации. Практическим шагом в этом направлении могла

бы стать организация специального комитета, функции и технико-экономическое обоснование деятельности которого должна разработать группа специалистов на правах временного творческого коллектива.

Л и т е р а т у р а

1. У и л с о н А., У и л с о н М. Информация, вычислительные машины и проектирование систем. М.: Мир, 1968. 415 с.
2. А р м а н д А.Д. Информационные модели природных комплексов. М.: Наука, 1975. 124 с.
3. Д м и т р и е в с к и й А.Н. Итоги и задачи системно-геологических исследований литосферы//Системно-геологические исследования литосферы. М.: Б.и., 1985. С. 3-11.
4. Д м и т р и е в с к и й А.Н. Системный подход в геологии: итоги, задачи, перспективы//Системный подход в геологии: Тез. докл. II Всесоюз. конф. М.: Б.и., 1986. Ч. I. С. 3-4.
5. К р у т ь И.В. Введение в общую теорию Земли. М.: Мысль, 1978. 367 с.
6. М а р ч е н к о В.В., Н е м и р о в с к и й Э.А., С е й ф у л ь М у л ь к о в Р.С. Прикладная геокибернетика//Итоги науки. Физика Земли. М.: ВИНТИ, 1986. Т. 9. 230 с.
7. У р м а н ц е в Ю.А. Общая теория систем//Системный подход в геологии: Тез. докл. II Всесоюз. конф. М.: Б.и., 1986. Ч. I. С. 6-7.
8. А р м а н д А.Д. Модели и информация в физической географии. М.: Знание, 1971. 30 с.
9. С и м о н о в Ю.Г. Анализ геоморфологических систем/, Актуальные проблемы теоретической и прикладной геоморфологии. М.: Б.и., 1976. С. 69-92.
10. С и м о н о в Ю.Г., З е й д и с И.М. Географические объекты как интеграторы. Проблемы адаптации. Структурная память//Проблемы регионального географического прогноза. М.: Наука, 1982. С. 47-54.
11. М и х а н ь к о в Ю.Н., Ф е д о р о в Е.Г. Прогнозирование изменений геоморфологических систем при техногенном воздействии. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. 142 с.
12. Кибернетика и ноосфера. М.: Наука, 1986. 92 с.
13. К а д е т о в О.К. Соотношение факторов, контролирующих форму продольного профиля дна речной долины: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 1979. 24 с.
14. К а д е т о в О.К., Р а ц к о А.П. Скачки и стадии в эволюции экзоморфосистем//Современное экзогенное рельефообразование, его изучение и прогноз. М.: Б.и., 1984. С. 50-57.
15. М о в ш о в и ч Э.Б. Значение и функции геоинформатики в системе геологоразведочной деятельности//Системно-геологические исследования литосферы. М.: Б.и., 1985. С. 19-32.

16. М о в ш о в и ч Э.Б. Системные основы организации геологической информации//Системный подход в геологии: Тез. докл. II Всесоюз. конф. М.: Б.и., 1986. Ч. I. С. 15-17.

УДК 51:55 (551.73:552.5)

И.А. Вылцан, А.Ф. Беженцев

ОПЫТ ГРУППИРОВКИ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ СИСТЕМНОМ АНАЛИЗЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ

Одной из важнейших задач геологических исследований в настоящее время является повышение их эффективности, сокращение затрат времени, средств и материалов. Решить эту проблему возможно на путях системного подхода к изучению геологических объектов, необходимость первостепенного исследования которых диктуется жизнью, практикой.

Термин "система" является ключевым философско-методологическим и специально-научным понятием. Под системой подразумевается множество элементов, находящихся в субординированных отношениях и связях друг с другом, которые образуют определенную целостность, единство [1, с. 463-464].

В геологии это понятие, несмотря на объективное существование множества взаимосвязанных естественных материальных систем, употребляется на практике еще весьма редко, например: системы отложений различных периодов, системы природных минералов и горных пород, системы тектонических структур и т.д.

Геологическая система в стратиграфии, например, это часть эратемы (группы), т.е. единица II порядка общей (планетарной) стратиграфической шкалы. Это отложения, образовавшиеся в течение геологического периода и отражающие определенный крупный естественный этап в истории развития Земли и жизни на ней [6, с. 219].

Научный и практический интерес имеет структурно-вещественная система экзогенных геологических тел, находящихся в субординированных отношениях, в составе стратиграфических систем. При литологических исследованиях такого рода геосистем существенное значение приобретает правильный выбор методов в зависимости от иерархического положения и сложности геологических тел. Последнее возможно лишь при четком знании и практическом умении распознавать системные уровни структурной организации породно-слоевых сообществ.

При системном подходе к анализу геологических разрезов геосинклинальных формаций вообще и Алтае-Саянской области в частности, где в основном осуществлялись работы, выявляется, что сам по себе отдельно взятый разрез как объект исследования еще не обладает признаками си-

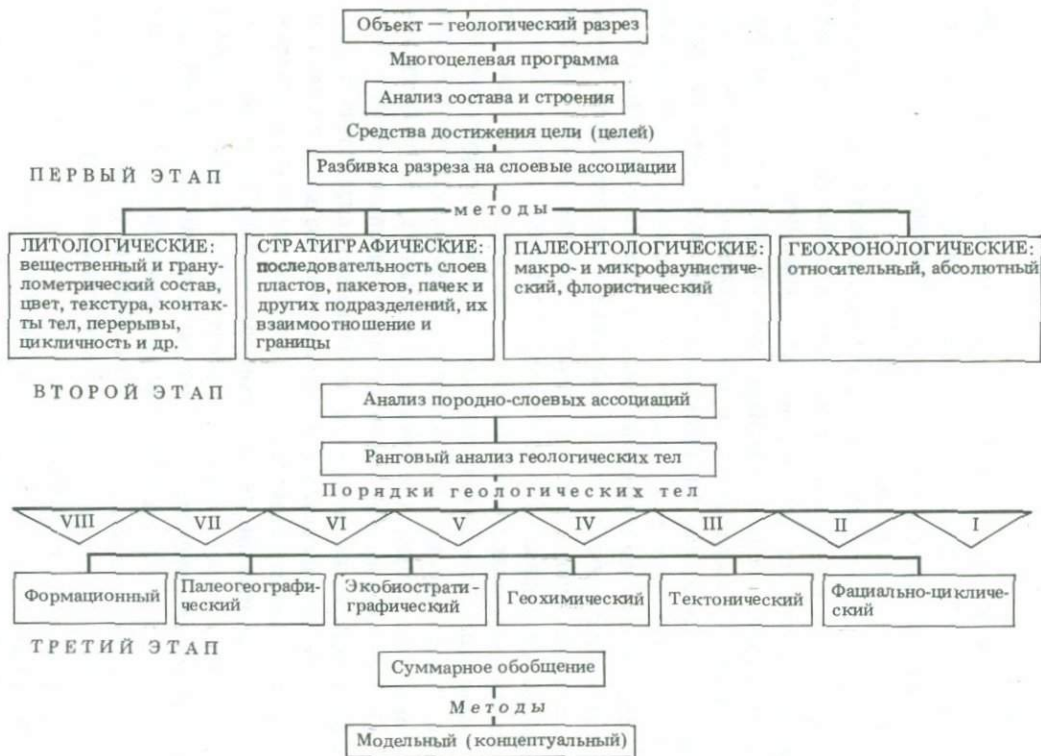
стемы в соответствии с данным выше определением, поскольку разрез может быть различной мощности, литологической полноты и обычно включает части стратиграфических подразделений (отделов, ярусов, свит), т.е. не обладает элементами законченности, завершенности, присущими системам, в том числе геологическим.

Вследствие того что геологические системы подчиняются общему правилу отношений, где система меньшего объема (размерности) является частью более крупной и сложной системы, их изучение требует неоднозначных затрат времени.

При изучении геологических разрезов предусматривается обычно многоцелевая программа. Одной из важных и решаемых в первую очередь задач является анализ их строения с выделением геологических тел по крайней мере одного и того же порядка. Каждое геологическое экзогенное тело, обладая специфичностью своего строения и внутреннего содержания в пространстве и во времени, может соответствовать подобию системы определенного уровня, т.е. рассматриваться как часть более крупной системы и являться либо подсистемой, либо даже ее элементом. Отсюда нельзя не прийти к заключению, что довольно обычный объект геологосъемочных работ – геологический разрез – может включать элементы иерархически более мелких систем (подсистем).

Таким образом, первый этап анализа строения разрезов относится к познавательному или описательному с разбивкой конкретного разреза на слоевые ассоциации (см. схему). Такой подход предусматривает все же не формальное послойное описание разреза, а исследование закономерностей сочетания пластующихся (напластованных) пород с применением ряда приемов и методов. Последнее является весьма важным для целей однозначного расчленения и корреляции разрезов при проведении крупномасштабной геологической съемки.

Практическое решение задачи расчленения разреза уже на первом этапе требует использования совокупности геологических методов. Среди них особое место занимают литологические методы, с помощью которых производится анализ изменения вещественного состава, гранулометрии, формы, размеров и взаимоотношений слоевых элементов и их ассоциаций [3]. В целом ход исследования характера слоев, пластов и т.д. в разрезах литологическими методами осуществляется от мелких породно-слоевых ассоциаций к более крупным. Расчленение разрезов всегда сочетается и проводится параллельно с их стратиграфическим изучением. При этом достигается прежде всего цель выявления возрастного положения выделяемых подразделений с помощью методов абсолютной и относительной геохронологии. На основании установленных взаимоотношений проводится корреляция. Результаты таких исследований способствуют пониманию истории развития системы. На данном этапе с очевидностью устанавливается, что существует тесная неразрывная связь между стратиграфией и литологией. Последнее подтверждается необходимостью определения страти-



графического и возрастного положения литологических объектов, с одной стороны, и литолого-петрографического анализа стратиграфических подразделений – с другой. Все это обусловило возникновение особого раздела литологии – литостратиграфии, стоящей на стыке со стратиграфией. Обычным путем изучения геологических тел в стратиграфии является анализ последовательности подразделений системы, уточнения возрастной датировки с задачей расчленения крупных стратиграфических единиц на более мелкие [8].

На втором этапе осуществляется анализ породно-слоевых ассоциаций с точки зрения их ранговости, иерархии, с выделением в конечном итоге геологических тел различного порядка в рассматриваемой серии коррелируемых геологических разрезов [2, 3].

Важное место справедливо занимает фациальный анализ, являющийся не только испытанным средством познания, но и одним из главных методических приемов палеогеографических исследований. Вместе с тем этот анализ – необходимый реконструкционный элемент, способствующий решению задач корреляции, опирающийся на зафиксированные в разрезах последовательности рядов фаций. Он помогает точнее определить внутреннее содержание геологических тел разного ранга. Фациальный анализ применяется одновременно с циклическим анализом строения разрезов. Последний все в большей мере становится необходимым и при системном анализе, является основным для структурного выделения тел разного порядка [4].

Каждый из выделенных породно-слоевых объектов с точки зрения философских категорий является единичным, т.е. отдельным, индивидуальным. Эти объекты обладают относительной автономией, обнаруживают не всегда ясную обособленность, но благодаря дискретности строения разрезов, наличию межслоевых границ и пробелов отделены друг от друга и во времени, и в пространстве. Они имеют присущие им специфические особенности, составляющие их неповторимую качественную определенность.

Сам предмет исследования – геологический разрез слагается характерной совокупностью объектов, т.е. слоевых ассоциаций, каждая из которых есть некоторое множество единичных частей. Единичные слоевые элементы своей конкретной формой существования обязаны той системе закономерных сложившихся связей, внутри которой они возникают. Иначе говоря, общее такого рода объектов раскрывается в понятии только через отражение единичного и особенного. Именно такие представления позволили определить ранги и порядки геологических тел, связанных в единый субординированный ряд [4].

Стратифицированные разрезы, состоящие из большого множества слоев, благодаря ассоциативным связям могут быть сгруппированы в субординированные породно-слоевые сообщества, ряды геологических тел, которые относятся к различным порядкам как в надпородном, так и в формационном уровне структурной организации вещества.

При разбивке разреза на геологические тела соответствующего порядка важно учитывать и использовать тектонические методы, особенно при

анализе мощностей тел и перерывов. Тектонические движения земной коры играют ведущую роль в образовании конкретных форм крупных осадочных тел, контролируют их мощность и условия залегания, а также обуславливают особенности их внутренней структуры и состава.

На данном этапе решению задач способствует и использование геохимических методов, базирующихся, в частности, на изучении распределения химических элементов и их ассоциаций, выявленных на основе парной и многократной корреляции для реперных маркирующих стратиграфических интервалов разрезов.

Важную роль приобретает палеогеографический анализ, который, помимо других вопросов, раскрывает картину изменения характера геологической среды на определенной площади. Кроме того, системный подход делает возможным правильно оценить масштаб изменений палеогеографической обстановки, следы которой фиксируются на границах крупных геологических тел. На этой стадии исследования привлекается также формационный анализ, который позволяет, опираясь на палеотектонические и палеогеографические данные, представить еще яснее данные тела и в пространстве, и во времени, поскольку и сами формации являются крупными по объему телами.

Остановимся кратко на рассмотрении анализа геологических разрезов для целей расчленения и корреляции. В этом случае первостепенное значение имеет дифференциация признаков, характеризующих разрезы, на главные, второстепенные и вспомогательные [5]. Анализ этих признаков (критериев) возможен прямыми и косвенными методами с выходом в итоге на концептуальный метод. Иначе говоря, подобный подход подразумевает переход от анализа, анализа-прогноза к синтезу.

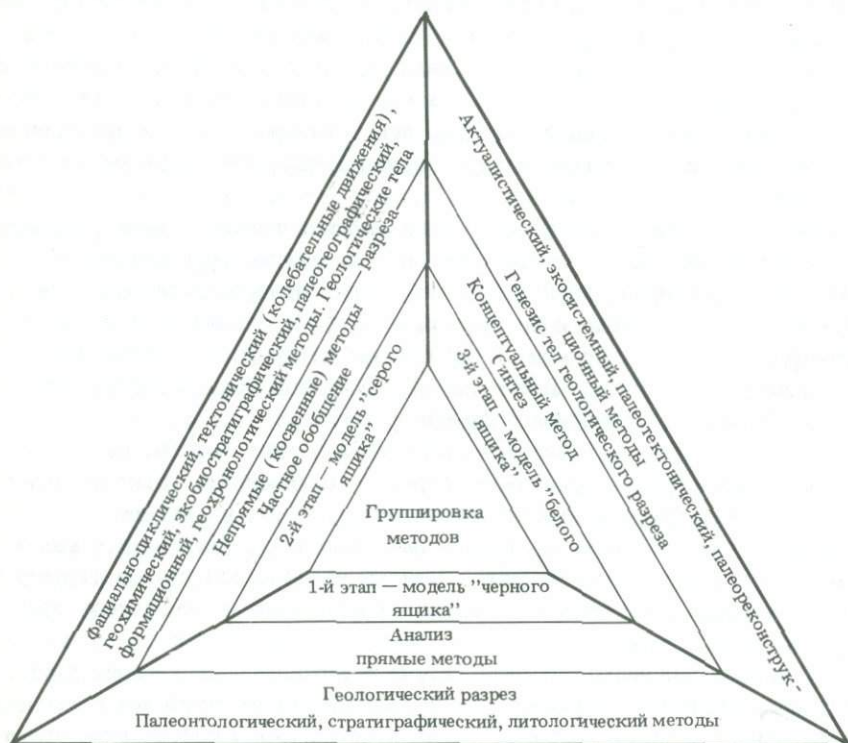
Прямыми методами извлекается информация о типе породы, ее составе, структурно-текстурных признаках, окраске, включениях, остатках фауны и флоры, о характере контактов геологических тел, их мощности, т.е. этими методами охватывается работа на обнажениях, скважинах с выделением элементарных геологических объектов на породном уровне структурной организации вещества, с задачей полного анализа конкретных признаков изучаемых тел.

Косвенными методами решаются задачи с помощью исследования других критериев. Например, изучение связи геологического строения с геоморфологическими формами рельефа, которые обусловлены селективным выветриванием пород различной устойчивости; установление наиболее вероятного литологического состава пород, скрытых под современными отложениями, путем изучения геоботанических критериев; картирование какого-либо геологического тела по оценочному суждению о его составе и границах на основании микрорельефа и продуктов разрушения, а также по фототону аэро- и космоснимков, полученных с помощью дистанционных методов, и т.д. В этом ряду косвенных методов анализ сочетается с прогнозом. А всякий прогноз требует проверки прямыми методами. Подобные исследова-

ния предпочтительнее проводить на надпородном уровне структурной организации вещества, так как увеличиваются исследуемая территория и размеры изучаемых объектов, хотя и теряется детальность в наблюдениях над элементарными геологическими телами.

Концептуальный метод, применяемый на третьем, заключительном этапе изучения геологических разрезов, опирается на обобщение, синтез всех критериев, полученных прямыми, косвенными, логическими и методологическими приемами и методами, которые заканчиваются модельным выражением (точнее, отображением) объектов исследования, выяснением условий образования геологических тел, прогнозом полезных ископаемых.

Соотношение этих методов и объектов показано на схеме (см. рисунок). Суть ее – графическая модель группирования методов исследования



Алгоритм системного анализа геологических разрезов

при системном анализе. Привлекаемый комплекс методов подразделен на три группы. Первая включает прямые методы, которые в операционном смысле соответствуют анализу и отнесены к первому этапу – сбору информации по геологическим разрезам с использованием прежде всего литологического, стратиграфического, палеонтологического методов. Вторая группа объединяет непрямые (косвенные) методы, которые связаны с

процедурой частного обобщения и отнесены здесь ко второму этапу. Они обеспечивают выделение геологических тел в разрезах с учетом данных прямых методов. В эту группу входят фашиально-циклический, тектонический, геохимический, биостратиграфический, палеогеографический, формационный методы. Третья группа объединяет концептуальные методы (метод), ведущие в конечном итоге к синтезу. Это отвечает третьему этапу познания, который завершается установлением генезиса тел геологического разреза. Базисными методами при этом являются актуалистический, экосистемный, палеотектонический, реконструкционный и др.

Исходя из критериев группировки категорий признаков и методов, следует сказать, что их синтез позволяет воспроизвести модели и для тел более высоких уровней – формационного и выше. Для выявления тел подобного ранга требуется использовать весь арсенал прямых, косвенных и модельных методов. Исследование строения геологических разрезов с выделением в них тел разного порядка (от низших уровней структурной организации вещества к высшим) должно идти по таким устоявшимся направлениям, как от простого к сложному, от частного к общему, от конкретного к абстрактному, от индуктивного к дедуктивному [7].

Таким образом, рассмотренный подход к группировке методов может быть полезен не только при проведении работ, связанных с изучением геологических разрезов, их корреляции при крупномасштабных геологосъемочных работах, но и при чисто литологических и других исследованиях, которые направлены на познание закономерностей строения разрезов геологических формаций и всей системы стратифицированной части земной коры.

Л и т е р а т у р а

1. В С Э . 3-е изд. 1976. Т. 23. С. 463-464.
2. В а с с о е в и ч Н.Б., М е н н е р В.В. Системные уровни организации сообществ осадочных пород//Изв. АН СССР. Сер. геол. 1978. № II. С. 3-II.
3. В ы л ц а н И.А. Осадочные формации Горного Алтая. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1974. 189 с.
4. В ы л ц а н И.А., Б е ж е н ц е в А.Ф. Системный подход в практике литолого-стратиграфических исследований//Тез. Всесоюз. конф. "Системный подход в геологии". М., 1983. С. 167-169.
5. В ы л ц а н И.А., Б е ж е н ц е в А.Ф. Методологические проблемы комплексного подхода в литологических исследованиях//Методология литологических исследований. М.: Наука, 1985. С. 174-183.
6. Геологический словарь. М.: Недра, 1978. Т. 2. 456 с.
7. Р о м а н о в с к и й С.И. Динамические режимы осадконакопления. Л.: Недра, 1985. С. 3-10.
8. Стратиграфический кодекс СССР. Временный свод правил и рекомендаций. МСК. Л.: ВСЕГЕИ, 1977. 79 с.

Ю.И. Белоцерковец

ЭВОЛЮЦИЯ ОСАДОЧНОГО СЛОЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ
КАК ФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Осадочный слой земной коры состоит из различных геологических систем, которые выделяются в зависимости от целей исследования и принципов разделения этого слоя на элементы. Поскольку все геологические явления в той или иной мере обусловлены физическими процессами, представляется целесообразным рассмотреть осадочный слой как физическую систему. Основными вопросами исследования явились: структура этой системы, ее среда, функции, эволюция и геологические следствия эволюции системы.

Структура системы. В физическом отношении осадочный слой земной коры представляет собой систему, состоящую из трех частей – твердой, жидкой и газовой фаз, которые могут рассматриваться как компоненты (делимые части) этой системы и как ее элементы (неделимые части). В статье мы будем пользоваться последней точкой зрения и называть в дальнейшем твердую, жидкую и газовую фазы соответственно элементами Т, Ж, Г физической системы осадочного слоя (далее – просто системы).

Идея изучения геологической среды как совокупности названных фаз имеет длительную историю, берущую начало от представлений древнеримского философа Эмпедокла (485–425 гг. до н.э.) об основных элементах природы: земле, воде, воздухе и огне [3] – и идей В.И. Вернадского [1] об огромной роли воды в развитии земной коры до возникшей недавно новой науки геологического цикла – геофлюидодинамики и работ последних лет, рассматривающих горные породы как системы, состоящие из твердой и флюидных фаз. В настоящей статье описан первый опыт рассмотрения осадочного слоя земной коры в целом как совокупности названных элементов на основе системного подхода.

Продолжая описание структуры системы, заметим, что элементы Т, Ж и Г непрерывно заполняют пространство осадочного слоя; эти элементы относительно самостоятельны и различны, что выражается в их дифференциации в пространстве и во времени и в специфических свойствах. Различие и относительная самостоятельность элементов являются предпосылкой и условием развития системы. Несмотря на различие и относительную самостоятельность, названные элементы тесным образом взаимосвязаны различными видами связей.

Твердая и флюидные фазы (элементы Ж и Г) в осадочном слое содержатся во всех его частях, т.е. пространственно взаимосвязаны. Свидетельством неразрывности этой взаимосвязи является то, что ни один из названных элементов, взятый в отдельности, не может составить осадочный слой.

Элементы системы связаны между собой также и генетически – полными или частичными физико-химическими взаимопереходами друг в друга: $T \rightleftharpoons Ж$, $T \rightleftharpoons Г$, $Г \rightleftharpoons Ж$. Эти взаимопереходы осуществляются в осадочном слое в широких масштабах в виде следующих реакций: гидратация \rightleftharpoons дегидратация, растворение \rightleftharpoons переход в свободную фазу, сорбция \rightleftharpoons десорбция и др. Вследствие непрерывного взаимодействия между собой названные элементы образуют динамическую, непрерывно изменяющуюся систему.

Поскольку в каждой из трех названных фаз потенциально содержатся в том или ином количестве другие фазы (например, кристаллизационная вода в твердой фазе, твердая фаза в растворенном виде в жидкой и др.), то механическое перемещение одной фазы приводит к механическому перемещению других фаз. Связь движений различных фаз может быть и косвенной (например, взаимосвязь движений твердой, жидкой и газовой фаз при гравитационном уплотнении осадочных отложений). Это свидетельствует о том, что в рассматриваемой системе между ее элементами имеют место также и функциональные взаимосвязи.

Таким образом, между элементами системы существуют различные формы взаимосвязей – пространственные, генетические и функциональные.

В качестве важных признаков целостности рассматриваемой системы можно назвать ее новые интеграционные свойства, которыми не обладают слагающие систему элементы. Так, система обладает внутренней гравитационной энергией, за счет которой без притока энергии из внешней среды в осадочном слое земной коры при его гравитационном уплотнении могут происходить различные геологические процессы (см. конец статьи). Изменение структуры и свойств данной системы за счет внутренней энергии свидетельствует о ее способности к саморазвитию, характерной для целостных систем.

Таким образом, проведенный анализ дает основание для заключения о том, что описанная физическая система по своему характеру является целостной системой.

С р е д а. Осадочный слой находится в определенной взаимосвязи с окружающей средой. В понятие среды осадочного слоя входят не все ее элементы и свойства, а только те, которые оказывают существенное влияние на систему и без которых данная система не может возникнуть и развиваться. Средой для рассматриваемой системы являются атмосфера, гидросфера и литосфера, а также биосфера и ноосфера, которые являются источниками вещества и энергии для образования и развития осадочного слоя. Граница системы с названными сферами, за исключением литосферы, совпадает с некоторым приближением с поверхностью твердой Земли и выражена достаточно четко. Остальные границы проходят внутри литосферы и отделяют осадочный слой от гранитно-метаморфического и "базальтового". Эти границы имеют нечеткий характер в случае постепенного перехода осадочных пород в метаморфические.

Для данной системы средой являются также физические поля, в которых эта система находится, прежде всего наиболее изученные – гравитационное и тепловое. На развитие земной коры вообще и ее осадочного слоя в частности влияют и другие физические поля, например электрическое и магнитное. Однако этот вопрос до настоящего времени изучен мало.

Влияние среды на образование и развитие рассматриваемой системы (прямая связь) проявляется в поступлении вещества и энергии в систему и в воздействии на осадочный слой различных физических полей. Вместе с тем имеет место влияние системы на среду (обратная связь): из осадочного слоя в ходе его вторичных изменений и эрозии в среду поступает вещество системы; осадочный слой оказывает давление на соседние слои литосферы, влияет на интенсивность теплового поля в этих слоях и т.д.

Данной системе в определенной мере свойственно явление гомеостаза – сохранение неизменными параметров системы при воздействии на нее среды. Это возможно вследствие возникновения отрицательных обратных связей системы со средой по принципу Ле Шателье–Брауна. Например, уплотняющему воздействию геостатического или тектонического давления препятствуют возникающие в осадочных отложениях аномально высокие пластовые давления. В этом случае состояние равновесия между средой и системой носит временный метастабильный характер, нарушаемый внешними возмущающими воздействиями.

По своей природе рассматриваемая система является адаптивной, приспособляющейся к условиям внешней среды путем необратимых изменений своей структуры (соотношения между элементами).

Ф у н к ц и и с и с т е м ы. Физические проявления геологических процессов, как современных, так и ранее происходивших в осадочном слое, можно рассматривать как функции данной системы. Хотя в общем случае геологические процессы и не сводятся к физическим, роль последних весьма велика.

Так, современные вертикальные движения земной коры на территории осадочного слоя можно рассматривать как механические перемещения верхней границы этого слоя, грязевой вулканизм – как дифференциальные механические перемещения твердой, жидкой и газовой фаз осадочного слоя.

К функциям системы можно отнести не только физические проявления естественных геологических процессов, протекающих в осадочном слое самопроизвольно, но и физические процессы, вызванные инженерной деятельностью человека. Например, динамические явления, возникающие при проходке подземных выработок (выбросы пород, угля и газа), можно рассматривать как механическое движение твердой и (или) газовой фаз; выделение воды, нефти и газа из буровых скважин – как механические движения жидкой и газовой фаз.

Эволюция системы. Описанная система – это естественная система, развивающаяся во времени. Параметрами системы, характеризующими ее эволюцию, являются геометрические размеры осадочного слоя, его масса, соотношение элементов Т, Ж и Г, давление, температура, внутренняя энергия. Главный параметр структуры системы – относительное содержание флюидных (Ж+Г) элементов, или флюидонасыщенность осадочного слоя. Эмерджентным свойством системы является ее способность к саморазвитию – к изменению структуры за счет внутренних источников вещества и энергии.

Эволюция системы происходит в направлении термодинамически равновесного состояния и представляет собой результат ее саморазвития и влияния среды. Соотношение этих факторов в ходе эволюции системы меняется. Весь период эволюции системы подразделяется на три стадии: 1) возникновение и формирование осадочного слоя (прогрессивная стадия), 2) собственно развитие (кульминационная стадия), 3) разрушение (регрессивная стадия).

На первой стадии формируется начальное пространственное распределение элементов Т, Ж и Г системы, которое зависит от типа литогенеза (по Н.М. Страхову). Основа структуры системы закладывается еще в седиментогенезе и во многом определяет весь ход ее постседиментационных изменений (явление седиментационной трансляции по А.Н. Дмитриевскому [2]). В ходе диа-, ката- и метагенеза структура системы в целом изменяется в сторону уменьшения ее флюидонасыщенности, хотя в отдельных частях системы изменения могут идти в обратном направлении вследствие процессов выщелачивания, дегидратации глинистых минералов и др. На первой стадии масса и внутренняя энергия системы возрастают за счет внешней среды. На этой стадии роль среды в эволюции системы является главной и носит конструктивный характер. Но одновременно с формированием системы за счет внутренних источников вещества и энергии происходит изменение ее сформировавшихся частей и саморазвитие системы, роль которого с течением геологического времени возрастает.

Вторая стадия эволюции системы наступает после завершения процесса формирования осадочного слоя и совпадает по времени с общей инверсией тектонических движений (тектонической фазой). На этой стадии процессы взаимодействия элементов системы между собой и со средой резко активизируются, а роль саморазвития является главной. Структура системы в целом продолжает изменяться в сторону уменьшения флюидонасыщенности. В течение первой и второй стадии осадочный слой на больших глубинах превращается в метаморфический.

На третьей стадии под воздействием процессов гипергенеза и эрозии происходит разрушение осадочного слоя; его размеры, масса и внутренняя энергия постоянно уменьшаются. Структура системы непрерывно изменяется в результате действия двух противоположно направленных процессов: продолжающейся дефлюидизации системы на глубоких горизонтах оса-

дочного слоя и процессов гипергенеза в его поверхностных частях, сопровождающихся возрастанием в них содержания флюидных элементов. Вещество и энергия системы на этой стадии постепенно возвращаются в среду. Роль саморазвития в эволюции системы постоянно уменьшается, а роль среды постоянно возрастает и носит деструктивный характер.

Оценки роли среды как источника вещества и энергии, поступающих в осадочный слой с больших глубин, весьма затруднительны и дискуссионны. При дальнейшем изучении вопроса представляется целесообразным на основе описанного системного подхода вначале оценить геологические эффекты саморазвития осадочного слоя, выяснить то, что не может быть объяснено этими эффектами, и определить, таким образом, влияние среды на больших глубинах на эволюцию системы.

Геологическими следствиями физической эволюции осадочного слоя являются такие процессы:

вторичные изменения вещества осадочного слоя (химические, минералогические, микроструктурные), изучаемые в геохимии, минералогии, петрографии осадочных пород;

образование месторождений различных полезных ископаемых в результате перераспределения вещества осадочного слоя, изучаемое в разделе о полезных ископаемых;

эволюция подземных вод осадочного слоя, изучаемая в гидрогеологии;

эволюция природных газов осадочного слоя, изучаемая в разделе о природных газах;

тектонические дислокации осадочного слоя вследствие неравномерного изменения его объема, изучаемые в геотектонике и структурной геологии;

вторичные изменения физических (в том числе коллекторских, плотностных, тепловых, механических) свойств вещества осадочного слоя, изучаемые в петрофизике и петрографии осадочных пород;

тепломассоперенос в осадочном слое, вызванный перемещением флюидов, изучаемый в гидрогеотермии, и многие другие.

Эти процессы, будучи вызванными одной причиной – изменением структуры системы, протекали взаимосвязанно в пространстве и во времени. Задача дальнейших исследований – изучить закономерности этих взаимосвязей на основе описанного выше системного подхода, что будет способствовать интеграции названных выше и других наук о Земле.

Л и т е р а т у р а

1. В е р н а д с к и й В.И. Очерки геохимии. М.: Недра, 1983. 422 с.
2. Д м и т р и е в с к и й А.Н. Системный литолого-генетический анализ нефтегазоносных осадочных бассейнов. М.: Недра, 1982. 230 с.
3. Т и х о м и р о в В.В., Х а и н В.Е. Краткий очерк истории геологии. М.: Госгеолтехиздат, 1956. 260 с.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПАЛЕОНТОЛОГИИ И ГЕОХРОНОЛОГИИ

Введение. Традиционные палеонтологические описания ископаемых органических остатков и их линнеевская классификация перестают удовлетворять нас своей статичностью, так же как и последующие определения возраста вмещающих отложений по "руководящим" видам и комплексам. Системная парадигма, все более овладевающая умами геологов-палеонтологов, настоятельно требует перехода к изучению взаимодействий в конкретных палеоэкосистемах, анализу их биохимических, биогеофизических и других характеристик. В каждой палеоэкосистеме теоретически возможно выявить составляющие ее элементы, эмерджентные свойства, инварианты, направленность эволюционных преобразований и т.д. Основу для нового синтеза в палеобиохронологии создают количественные данные о направлениях, силе, скорости и энергии движения вещества и информации в экосистемах прошлого, анализ регистрирующих информационных структур, отражающих ритмику Земли (строматолиты, ленточные глины и сланцы, слои роста скелетных частей кораллов, моллюсков, иглокожих, рыб и др.).

Главные направления палеоэкосистемного моделирования связаны с расшифровкой структурной информации о взаимодействиях древних организмов и среды их обитания с помощью логических, графических, математических и других моделей. Их преимущества по сравнению со стереотипами "абсолютного" и "относительного" определения возраста морских, лагунных и континентальных отложений очевидны. В ходе моделирования оцениваются биотические события (вымирание и появление, расцвет и угасание сообществ) в связи с изменениями в окружающей среде. К тому же точность моделирования, к примеру, процессов роста в системах организм-среда исчисляется сутками, месяцами, годами, а не миллионами и не десятками миллионов лет.

Моделирование морфогенеза, палеобиогеохимических изменений, глобальных инверсий геомагнитного поля Земли позволяет устанавливать важнейшие тенденции и переломные критические моменты развития природных систем [5], их направленность [6] и периодичность [7]. Топологическая и биогеохимическая специфичность палеобиосферных процессов прослеживается по онтогенетическим изменениям симметрии фенотипов, по оптимальным и лимитирующим факторам морфогенеза и экогенеза. Сохранение соответствующих характеристик во времени, инварианты онто- и филогенеза, палеотемпературные адаптации, аминокислотный состав палеобелков - все это позволяет предвидеть в недалеком будущем прогресс системной палеонтологии. Обнаруживаемое с помощью моделирования, включая ЭВМ-модели, ускорение и замедление периодических про-

цессов в палеоэкосистемах достоверно коррелирует с цикличностью в развитии земной коры и с динамикой солнечной радиации. Насущной задачей геохронологии становится согласование шкал палеобиологического времени с внешнеотсчетными космическими шкалами.

"Абсолютная" геохронология, изотопное датирование событий прошлого по соотношениям элементов, основанное на постоянстве периодов полураспада урана, тория и других радиоактивных элементов, подчас заводят в тупик. За миллиарды лет скорость радиоактивных превращений, вероятно, изменялась. Кроме того, датировки в результате метаморфизма в горных породах и минералах свидетельствуют лишь о времени последнего изменения химического состава образца, а не о моменте его образования. Наконец, продолжительность суток, месяцев и лет, принятая для современности, также не оставалась постоянной. Рассмотрим некоторые из поставленных системных задач несколько подробнее.

Модели роста древних организмов. Исследования наружной стенки ископаемых кораллов выявили, что девонские виды фавозитид, к примеру, откладывали в год от 385 до 410, каменноугольные рогозы – 385–390, а современные склерактинии – около 360 "дневных" (точнее их назвать суточными) колец роста [7]. Это позволяет вводить в геохронологию поправки, связанные с замедлением скорости вращения Земли вокруг Солнца.

Строматолиты и микрофитолиты – древнейшие карбонатные постройки, обнаруживающие ритмичное чередование известьевыделяющей деятельности синезеленых водорослей и бактерий начиная с докембрия. По регистрирующим структурам строматолитов найдены суточные, годовые и многолетние (включая II-летние) палеобиосферные ритмы, в которых продолжительность года составляла уже более 600 сут.

Для позднего кембрия по кольцам роста моллюсков установлена 32-суточная продолжительность месяца, а для девона – в среднем 30,6 сут. Все это подтверждает возможность моделирования направленного хода палеобиологического времени. По отношению к Земле реконструируемое время окажется астрономическим, внешнеотсчетным, в то время как физическое время назовем внутриотсчетным. В отличие от шкал "абсолютного" физического времени палеобиологические шкалы дают возможность ввести в сферу релятивистской теории параметр скорости движения живой системы в пространстве-времени. Обнаруживаемое с помощью моделей роста скелетных структур замедление годовой и месячной периодичности метаболизма (выделения скелетного вещества) увязывается с сокращением продолжительности циклов развития земной коры.

Сравнив графические модели роста скелетных образований и обнаружив значительное перекрытие кривых у сравниваемых образцов, мы вправе заключить, что они происходили из одной популяции. Если кривые оканчиваются у разных образцов в одной точке, это свидетельствует об одновременном прекращении роста в результате воздействия какого-то фактора

(засыпание осадками, резкое изменение температурных условий обитания, солености водных масс и т.д.). Отсутствие корреляции между кривыми будет указывать на то, что анализируемое сообщество не было популяцией [12]. Использование структурной информации представляется весьма перспективным в палеоэкологическом моделировании. Хотя, к примеру, связь между шириной колец роста деревьев и природными условиями, контролирующими этот процесс, очень сложна, по динамике образования древесных колец выявляются вполне достоверные сведения о климатических и гидрологических условиях плейстоцена [11]. В.С. Соколов [10] показал, что периодичность роста скелетных частей одновременно проявлялась у различных групп донных беспозвоночных, населявших палеозойские моря в районе Прибалтики, — табулят, гелиолитид, ругоз, мшанок и строматопоройд. Несомненна связь этого явления с сезонными изменениями палеоусловий окружающей их среды. Судя по ритмике роста табулят, субтропические формы развивались здесь в условиях довольно значительных сезонных изменений климата, а тропические — в почти неизменно теплом климате.

Биогеохимическое время. В.И. Вернадский [1] впервые поднял вопрос о проявлении геологического времени в конкретных биогеохимических процессах. Полярность времени в них выражается в том, что эти процессы необратимы. Ход времени в системе организм—среда неизбежно выражается вектором. Сопоставление кривых солярной инсоляции и изменения ^{18}O в раковинном кальците планктонных фораминифер экваториальной Атлантики за последние 300 тыс. лет иллюстрирует возможность применения биогеохимических моделей для оценки пространственно—временных взаимодействий в палеонтологии. Весьма показательна корреляция кривых соотношений тепло- и холодолюбивых ассоциаций фораминифер, моллюсков и палеотемпературных изменений, рассчитанных по ^{18}O в их раковинном кальците [4]. Параллелизм изменения экологических группировок моллюсков и температур роста их раковин также не вызывает сомнений. На основании палеобиогеохимических данных сделана попытка восстановить временной ход изменения сообществ моллюсков и условий их обитания в позднем кайнозое для Северной Атлантики [3]. В плиоцен—плейстоценовых бассейнах у берегов Исландии несколько раз сменяли друг друга во времени малакофауны, принадлежавшие к разным биогеографическим типам: южнобореальному, бореальному и северобореальному. Анализ комплексов раковин моллюсков и распространения ледниковых отложений в исландском разрезе позволил установить постепенное похолодание в этом районе в плиоцен—эоплейстоцене. Методом изотопно—кислородной термометрии исследован изотопный состав кислорода раковин моллюсков плио—плейстоцена и современных моллюсков, обитающих в сублиторали у исландских берегов. Изотопные результаты вполне согласуются с палеобиогеографическими характеристиками.

Сопряженное палеоэкологическое моделирование динамики изотопных температур роста, инверсий и напряженности геомагнитного поля Земли, доминантов фауны и флоры позволяет устанавливать глобальные переломные моменты взаимодействий организмов и среды в геологической истории. Конечно, корреляция между инсоляцией, инверсиями магнитного поля и изотопными индикаторами хода геологического времени не приводит нас к автоматическому признанию причинно-следственных связей между столь разнородными явлениями. Такого рода связи могут быть установлены только после выяснения механизмов действия факторов. Но важно подчеркнуть новые возможности определения длительности и последовательности событий в конкретных объект-процессах с помощью изотопных и других биогеохимических характеристик скелетного вещества организмов.

В динамике атомных отношений, характеризующих биогеохимические процессы, также прослеживается направленность и цикличность. К примеру, Ca/Mg и Ca/Sr – индексы скелетного вещества рифовых кораллов – обнаруживают циклически необратимую направленность изменений от ордовика-силура до наших дней, необратимость адаптивных перестроек биогеоценозов, вследствие чего появляется возможность временного ранжирования биосферных событий. При попытках использовать изотопные и атомные отношения в палеонтологическом моделировании, безусловно, следует учитывать не только генетически детерминированные различия, но и степень вторичных преобразований вещества.

Видовая специфичность колебаний изотопного и химического состава скелетных частей выражается одновременными вариационными кривыми со свойственными каждому виду значениями параметров [8, 9]. Сравнивая биогеохимические инварианты в смене времен, можно с большей уверенностью устанавливать синхронность или гетерохронность становления биосистем. Наиболее надежный способ – сравнительное изучение онтогенезов и возрастной структуры современных и ископаемых представителей одних и тех же или систематически близких групп. Актуалистические модели накопления современными организмами химических элементов, их стабильных изотопов, изменений аминокислотного состава их белков и других компонентов в связи с температурными, соленосными, седиментационными, гидродинамическими и другими условиями обитания приобретают первостепенное значение в палеонтологическом моделировании.

Симметрия и биологическое время. Д.В. Наливкин не раз подчеркивал, что в морфологии организмов доминируют кривые линии и поверхности как первичные проявления их симметрии. В то же время биологов не перестает удивлять преобладание левизны живого вещества. У растений и животных все белки и составляющие их аминокислоты обладают левым вращением плоскости поляризованного света. Все кристаллические соединения, входящие в состав живых клеток, – алкалоиды, глюкозы, сахара также левые.

Вектор времени в биологическом пространстве, как отмечал В.И. Вернадский [1], не может быть только полярным, он должен быть и энантиоморфным. Отражение этого свойства вектора биологического времени –

левизна-правизна обнаружена, в частности, в динамике лево- и правозавернутых форм в популяциях четвертичных планктонных фораминифер. Можно рассматривать этот феномен в качестве моногибридного расщепляющегося наследственного признака, поскольку лево- и правозавернутые формы сосуществуют в популяциях фораминифер. С позднего плиоцена до современной эпохи в бассейне Таннер дважды сменились холодноводные и тепловодные ассоциации. В первой из них доминировали лево-, а во второй - правозавернутые формы корненожек. Это коррелирует с чередованием ледниковых и межледниковых эпох, изотопных палеотемператур [13]. Таков пример циклического изменения левизны-правизны в биологическом пространстве-времени в ходе сопряженного мутагенеза глобигерин под воздействием температурных условий обитания.

В соответствии с универсальным принципом П. Кюри примем, что симметрия кораллового полипа, запрограммированная в его генотипе, и симметрия внешней среды образуют фенотип, сохраняющий в биогеохимическом и топологическом выражении только элементы, совпадающие друг с другом. Общая тенденция возникновения билатеральной симметрии у кораллов обычно рассматривается в связи с появлением сплюсненной глотки полипа как приспособления ее к роли своеобразного клапана, который препятствует быстрому выходу воды и пищевых частиц из гастроваскулярной полости при сокращении мускулатуры тела. Для кораллов, перешедших к сидячему образу существования, такое приспособление было, несомненно, весьма существенным. Однако двусторонне-серийное заложение мезентерий в онтогенезе современных групп склерактиний и актиний, наличие у них двух пар направляющих мезентерий, сифонглифов, сплюсненной в дорзо-вентральном плане глотки наряду с палеонтологическими данными о билатеральности септального аппарата ругоз и постепенной замене его радиальным - все это скорее свидетельствует о первичности билатерального типа симметрии кораллов.

В одних семействах склерактиний встречается исключительно билатеральный тип, в других его сменяет радиальный; известны семейства, в общем характеризующиеся радиальным расположением с временно возникающей в онтогенезе билатеральной симметрией, и др. У одних групп кораллов симметрия мезентерий и септ выдерживается в пределах подкласса, у других - характеризует отряды и подотряды, у третьих - это признак семейства, рода или вида. Среди склерактиний, обитающих на илистых биотопах, известны нарушения симметрии в расположении септ.

По Г. Вейлю [2], можно установить тип симметрии септ или мезентерий коралла, определить группу его автоморфизма, т.е. группу элементов, преобразования которых оставляют без изменения все структурные соотношения исследуемого аппарата. После этого обнаруживаются симметричные конфигурации, инвариантные относительно сочетаний элементов в системах (группах автоморфизмов).

Один из путей выявления эволюционной направленности преобразований симметрии кораллов – сравнительное изучение онтогенезов у последовательно сменявшихся во времени видов. По мере приближения к современной эпохе радиальная симметрия начинает доминировать в онтогенезе все большего числа групп кораллов, а двусторонняя симметрия – "сдвигаться" на ранние стадии онтогенеза. У *Saryophyllina*, например, произошло изменение модусов онто-филогенетических преобразований – от архаллак-сиса и девиации у мезозойских и палеогеновых видов до анаболии у неоген-четвертичных видов.

Большинство ископаемых *Saryophyllidae* были, вероятно, эволюционно лабильными, их биогеохимические функции перестраивались на различных стадиях филогенеза. Поэтому сохранение типа симметрии мы вправе связать с состоянием устойчивости их генотипа, а появление асимметрии – с изменчивостью его фенотипического (биогеохимического) выражения. Сравнение онтогенезов некоторых близких видов кораллов также позволяет сделать вывод о направленном преобразовании их симметрии.

Выводы. Заканчивая краткий обзор проблемы системного анализа некоторых палеонтологических и геохронологических задач, можно сделать вывод об исключительном разнообразии возможных путей перехода к релятивистским оценкам пространственно-временных взаимодействий. Наиболее перспективны, по мнению автора, симметризуемые биогеохимические и морфоструктурные характеристики таких взаимодействий, которые позволяют реконструировать последовательность и направленность эволюционных преобразований биосистем с момента их появления до наших дней, а также прогнозировать вероятные грядущие преобразования.

Сопоставляя инварианты преобразований, можно судить об индивидуальном (онтогенетическом), историческом (филогенетическом) и экосистемном времени биосистем. Вырисовывается относительность временных шкал в разных по масштабу и уровню взаимодействий системах отсчета, указывающих не столько на независимость развития от древнейших до современных сообществ, сколько на необратимо-направленную эволюцию самого биосферного времени и неповторимость системных сочетаний "разрешений" и "запретов" в каждом конкретном объект-процессе.

Л и т е р а т у р а

1. В е р н а д с к и й В.И. Размышления натуралиста. Пространство и время в неживой и живой материи. М.: Наука, 1975. 176 с.
2. В е й л ь Г. Симметрия. М.: Наука, 1968. 192 с.
3. Г л а д е н к о в Ю.Б. и др. О температурных условиях обитания позднекайнозойских моллюсков Северной Атлантики//ДАН СССР. 1975. Т. 223, № 1. С. 176–177.
4. Д е в д а р и а н и А.С. Сигналы из глубин Земли и ее геологического прошлого. М.: Недра, 1974. 104 с.

5. Ж и р м у н с к и й А.В., К у з ь м и н В.И. Критические уровни в процессах развития биологических систем. М.: Наука, 1982.
6. К р а с н о в Е.В. О направленности эволюции на примере некоторых групп морских беспозвоночных//Материалы эволюционного семинара. Владивосток, 1973. С. 7-26.
7. К р а с н о в Е.В. Склерохронология//Проблемы времени в геологии. Владивосток, 1979. С. 78-91.
8. К р а с н о в Е.В., П о з д н я к о в а Л.А. Кальций-магниеые отношения в кальците раковин морских моллюсков как показатель специфических и неспецифических реакций//ДАН СССР. 1975. Т. 220, № 6. С. 1432-1434.
9. К р а с н о в Е.В., П о з д н я к о в а Л.А. Кальций-магниевый метод в морской биологии. М.: Наука, 1982. 108 с.
10. С о к о л о в Б.С. Табуляты палеозоя Европейской части СССР. Введение. М., 1955. 527 с.
11. Ф р и т с Х. Дендрохронология//Четвертичный период в США. М., 1968. С. 667-681.
12. C l a r k G.R. Mollusk shell: daily growth lines//Science. 1968. Vol. 161, N 3843. P. 800-802.
13. K h e r a d p i r A. Foraminiferal trends in the Quaternary of Tanner Basin, California//Micropaleontology. 1970. Vol. 16, N 1. P. 102-116.

УДК 55:001.1

В.Г. Кузнецов

ОПЫТ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К НЕФТЕГЕОЛОГИЧЕСКОМУ ПОДРАЗДЕЛЕНИЮ СТРАТИСФЕРЫ

Одним из важных результатов использования системного подхода в геологии явилось о с о з н а н и е иерархичности, соподчиненности отдельных явлений и объектов, выработка представлений о том, что отдельные объекты и явления одного уровня организации геологической материи, своеобразно соединяясь, образуют более сложные системы, которые представляют собой не простую сумму элементов более низкого уровня, а имеют качественные отличия. Иерархичность - одно из положений, на котором основывается дальнейшее рассмотрение вопросов, затронутых в настоящей работе.

Второе основополагающее положение заключается в том, что объективно существующие реалии можно (и должно) ранжировать по-разному, исходя из целей и задач исследования. Так, выделены литолого-генетическая (или литолого-геологическая) и нефтегазовая ветви иерархии [6, 9 и др.], разрабатываются ветви иерархии структурно-тектонических категорий и объектов нефтегазогеологического районирования [14].

Следствием второго и соответственно третьим основополагающим положением является, по-видимому, то, что объем и значимость отдельных иерархических уровней в разных ветвях в общем случае могут быть различны и соотношения между ними далеко не однозначны. Априори можно полагать, и справедливость этого будет показана далее, что на низших ступенях иерархии такие соотношения в разных ветвях более просты и однозначны, на более высоких – они различаются более существенно и соотношения далеко не однозначны.

Вряд ли вызывает возражение и то, что в иерархической ветви можно рассматривать лишь объекты, имеющие одно основание для подразделения, один принцип выделения. Так, даже в нефтегазовой геологии абсолютно различны ветви нефтегазогеологического районирования и нефтегазогеологического подразделения стратисферы. Первое является преимущественно площадным, латеральным или, точнее, объемно-площадным, так как главной целью, а следовательно и элементом деления, служит площадь, главным основанием выделения категорий районирования – тектоническая структура: локальная складка, группа локальных складок, крупная впадина или свод и т.п. Другими словами, в основу подразделения положена морфология, структура поверхности как современная, так и древняя (при палеотектоническом анализе). Сведения же о разрезе привлекаются во вторую очередь (к тому же в весьма общей форме – мощность, формационный состав и др.) и опосредствованно, прежде всего для выделения и характеристики самих тектонических и палеотектонических элементов.

Нефтегазогеологическое подразделение стратисферы является главным образом временным, вертикальным или, точнее, объемно-временным. Тут на первый план выступает изучение состава и строения разреза, выделение в геологической колонке пачек и толщ, сложенных проницаемыми и непроницаемыми породами, и прослеживание их латерального распространения, выклинивания и замещения. Именно на основе латерального развития такие подразделения этой ветви, как нефтегазоносные комплексы, экранирующие толщи и природные резервуары, бывают локальными, зональными и региональными.

О разноосновности и прямой несопоставимости элементов двух ветвей может служить следующий пример. Месторождение нефти и газа – одна из нижних ступеней иерархической лестницы районирования – может быть связано с одним продуктивным пластом, природным резервуаром или даже с несколькими нефтегазоносными комплексами (точнее, локальными их частями в пределах ловушки), т.е. включать и несколько разных, в том числе высоких, элементов ветви нефтегазогеологического подразделения. С другой стороны, известны примеры, когда крупные зоны нефтегазоаккумуляции содержат залежи лишь в одном НГК или даже пласте.

Исходя из этих принципов в статье сделана попытка рассмотреть некоторые иерархические элементы нефтегазогеологического подразделения стратисферы и их соотношения с разными уровнями организации геологического вещества.

Начальным "элементарным" уровнем в системе нефтегеологического подразделения стратисферы можно принять породный, где, исходя из задач геологии нефти и газа, важнейшим критерием является проницаемость. На этом уровне все горные породы можно разделить на коллекторы, полуколлекторы и антиколлекторы¹. При этом коллектор определяется как горная порода, способная содержать флюиды, пропускать их сквозь себя и отдавать в промышленных количествах при разработке. Антиколлектор - порода, практически неспособная пропускать сквозь себя флюиды в термобарических условиях ее залегания в земной коре в течение достаточно длительного геологического времени. Наконец, полуколлектор - это порода, которая способна содержать и пропускать сквозь себя флюиды, но лишь в геологическом масштабе времени; в период промышленной разработки фильтрация сквозь нее либо отсутствует, либо ничтожна.

Приведенные определения показывают, что разделение пород на три типа в значительной мере условно и строгих, четко определенных границ между ними не существует. При определенных условиях, в частности термобарических, порода-коллектор может переходить в породу-антиколлектор или полуколлектор, и наоборот. Порода может быть коллектором для одного флюида и полуколлектором для другого (например, пропускать газ, но практически не пропускать или не отдавать при разработке нефть). Будет ли одна и та же порода коллектором или полуколлектором, зависит, например, и от пластовой температуры, которая влияет на вязкость нефти в пластовых условиях и соответственно определяет возможность и способность перемещения последней по породе. Граница коллектор-неколлектор в громадной мере является функцией технологии и экономики. Различные методы и технические приемы могут существенно увеличить проницаемость и сделать разработку рентабельной.

Именно поэтому сейчас на повестку дня встает вопрос о "плотных", или низкопроницаемых, коллекторах (в настоящее время полуколлекторах) как возможном резерве увеличения ресурсов УВ, особенно газообразных. Из-за подобной "динамичности", подвижности границы коллектор-полуколлектор вряд ли правильно относить к коллекторам лишь те, в которых возможно разделение флюидов под влиянием гравитационных сил [7, с. 8]. Такого разделения не происходит, например, в баженовитах, но это не мешает им быть в определенных условиях коллекторами с высокой проницаемостью. Другими словами, коллектора и полуколлектора в природе не существует: граница между ними во многом определяется потребностями в углеводородном сырье, техническими возможностями и экономическими соображениями.

¹М.К. Калинин справедливо заметил, что термин "флюидоупор" (равно как "покрышка", "полупокрышка" и т.д. - В.К.) относится не к горным породам, а к геологическим телам, и предложил термины "полуколлектор" и "антиколлектор" как понятия одного уровня с "коллектором" [7]. В данном случае эти термины использованы, чтобы показать именно породный уровень этих понятий.

Строго говоря, рассмотренные понятия "коллектор", "полуколлектор", "антиколлектор" являются скорее идеальными элементами рассматриваемой иерархической ветви, так как находятся в природе не в изолированном "элементарном" виде, а в форме геологических тел: в осадочных породах, например, чаще всего в виде пластов. Геологическое же тело, в данном случае пласт, — это уже более сложный элемент, так как если он и сложен главным образом (подчеркнуто нами. — В.К.) одной породой, то все равно эта порода в пределах пласта в той или иной степени меняется по своим свойствам — составу, структуре, текстуре, а соответственно по характеру и структуре порового пространства, величине коллекторских параметров и т.д. Более того, в общем случае пласт-коллектор состоит из разных пород, обладающих одним важным общим свойством — промышленной проницаемостью, но ее величина и другие параметры (пористость, остаточная водонасыщенность, структура порового пространства и т.д.) в пределах пласта существенно варьируют. Таким образом, можно говорить о пласте-коллекторе¹, пласте-полуколлекторе (полупокрышке) и пласте-антиколлекторе (покрышке), каждый из которых в общем случае сложен разными горными породами, но имеет общее свойство: соответственно пропускать флюиды при разработке, пропускать их лишь в масштабе геологического времени и практически не пропускать их. Другими словами, эти пласты представляют собой ассоциацию горных пород, в общем случае разных, но часто и однотипных, объединенных единым, наиболее важным в данном случае показателем — величиной проницаемости. Пласт в нефтегазовой геологии — это форма организации горных пород, обладающих определенным значением этого свойства.

Следующие ступени данной иерархической ветви — это ассоциации горных пород, имеющих уже принципиально различные показатели коллекторских параметров, и прежде всего проницаемости.

С чисто дидактической точки зрения удобнее рассмотреть вначале нефтегазоносный комплекс (НГК), а затем "спуститься" к объектам более низкого уровня. В настоящее время, несмотря на различие определений, понятие НГК (или возможно НГК) достаточно определенное: это геологическое тело, система, состоящая из двух принципиально различных элементов — экранирующей толщи и расположенной под ней (или между двумя толщами) толщи непроницаемых или полупроницаемых пород, обладающая геохимическими, гидрогеологическими и другими показателями, благоприятными для образования и консервации залежей и месторождений углеводородов [3, 4, 12]. Практически также общепринято подразделять НГК по площади развития экранирующей толщи². Каждый НГК — реальный

¹Поскольку производственные интересы были до сих пор сосредоточены на продуктивных отложениях, для пласта-коллектора выработался специальный термин — "продуктивный пласт". Для других понятий общепризнанные термины пока отсутствуют.

²Строго говоря, площадь НГК не всегда точно соответствует области развития ЭГ. В тех зонах под крышкой, где по каким-либо причинам, например из-за неблагоприятной гидрогеологической обстановки, нет условий для формирования и сохранения залежей, данная ассоциация проницаемых и непроницаемых пород не является НГК.

или возможный, перспективный – является также водоносным комплексом, причем, как правило, гидрогеологические характеристики даже смежных по вертикали комплексов различны. Поэтому площадь водоносного комплекса может совпадать с площадью НГК, а может быть и больше.

Элементы, слагающие НГК, суть две системы более низкого уровня. Первый элемент – экранирующая толща (ЭТ) – состоит из пород, практически не пропускающих через себя флюиды¹. Важнейшими характеристиками ЭТ являются, во-первых, свойства самих пород и конкретно величина давления прорыва и проницаемость; во-вторых, свойства ассоциаций этих пород – мощность, площадь распространения, соотношения пород в разрезе и по площади, обеспечивающие непроницаемость толщи в целом, ее экранирующие способности. ЭТ могут быть монопородными (глинистыми, соляными), но чаще это многопородные образования. В преимущественно глинистых покрывках почти всегда есть прослои и линзы существенно более проницаемых алевролитов, песчаников или алевролитисто-песчанистых глин, в соляных толщах обычны пласты ангидритов и т.д. Именно строение, внутренняя структура этих толщ определяют в конечном итоге их экранирующие свойства. Совершенно справедливо поэтому замечание Г.Э. Прозоровича [13, с. III], что "...экранирующие способности покрывок как сложных геологических тел и экранирующие (или, точнее, фильтрующие) свойства пород, которые мы определяем в лаборатории, – величины, весьма отличающиеся друг от друга".

Второй элемент НГК – собственно природный резервуар (ПР) – обладает прямо противоположными свойствами: это – геологическое тело или система, ассоциация горных пород, в которой могут содержаться и циркулировать флюиды. В отличие от ЭТ здесь абсолютно преобладают породы-коллекторы и породы-полуколлекторы; антиколлекторы могут присутствовать, но в виде прослоев и линз, мощность и протяженность которых не препятствуют в целом фильтрации флюидов ПР, как и ЭТ, характеризуются свойствами слагающих их горных пород (пористостью, проницаемостью, структурой порового пространства и т.д.) и композицией, строением самого ПР, т.е. количественным соотношением проницаемых и полупроницаемых пород (коллекторов и полуколлекторов), их однородностью и выдержанностью, характером переслаивания, мощностью, площадью распространения и т.д. Поэтому и классификация ПР (равно как и ЭТ) должна основываться прежде всего на характере строения; ограничиваться же характеристикой коллекторских (и экранирующих) свойств – это значит оставаться на породном уровне или в лучшем случае на уровне продуктивных пластов.

¹ В отдельных случаях экраном для нефти и газа могут быть породы-коллекторы, что имеет место в гидродинамических ловушках. Однако, во-первых, эти относительно локальные зоны осадочного разреза и создают именно ловушку, причем только в части природного резервуара, не определяя самой его границы; во-вторых, экранирующие свойства реализуются только для УВ, а не для всех флюидов; в-третьих, экранирующая способность действует ограниченное время.

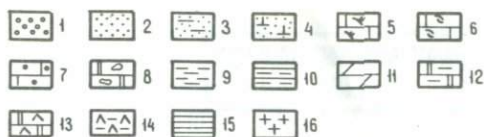
В Советском Союзе сложилось два основных понимания объема ПР. Во ВНИГНИ, СНИИГГимСе и других включают в ПР проницаемые и экранирующие толщи [2, 5, 11]. В ИГИРГИ, ИГиГ СО АН СССР, ВНИИзарубежгеологии и других понимают под ПР определенный комплекс пород-коллекторов, ограниченный плохо проницаемыми или практически непроницаемыми породами, при этом сами ЭТ в объем ПР не входят, а лишь определяют его границы [13, 15, 16]. Видимо, первое представление ближе к понятию нефтегазозносного или возможно нефтегазозносного комплекса. Что касается возражения о невозможности существования ПР без ограничения его экранирующей толщей и соответственно без необходимости включения ее в состав ПР, то с определенной степенью условности можно провести аналогию с соотношением сознания и мозга. Являясь продуктом деятельности вполне материальной субстанции - мозга, само сознание не материально, ибо "назвать мысль материальной - значит сделать ошибочный шаг к смешению материализма с идеализмом" [1, с. 257].

В приведенном выше понимании объем ПР состоит из продуктивных пластов (в частном случае из одного пласта), разделенных полупроницаемыми пластами пород-полуколлекторов. В общем случае проницаемые пласты одного ПР динамически связаны, что, в частности, ведет к образованию единого ВНК или ГВК (исключая случаи вторичной тектонической нарушенности, катагенетического запечатывания залежей и т.д.).

Таким образом, нефтегазогеологическое подразделение стратисферы основано на едином принципе - коллекторских и (или) экранирующих свойствах горных пород и их ассоциаций. Породный уровень, т.е. нижние элементы ряда, описывается лишь коллекторскими или экранирующими свойствами самих горных пород, а более высокие уровни характеризуются и свойствами пород, и особенностями ассоциаций последних, т.е. структурой осадочных образований. При этом происходит последовательное усложнение характера этих ассоциаций - от набора пород и пластов с однотипными коллекторскими или экранирующими свойствами до ассоциаций отложений с принципиально различными коллекторскими и экранирующими свойствами.

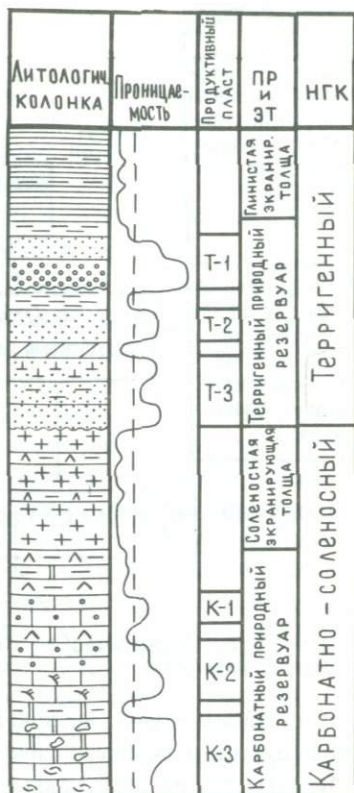
Соотношение выделенных объектов в разрезе в схематическом виде показано на рис. 1, а рассмотренная часть иерархического ряда нефтегеологического подразделения стратисферы - на рис. 2. Использование одного принципа подразделения обеспечивает полное, без пропусков, членение объектов, т.е. на каждом уровне нельзя выделить другие элементы, кроме указанных на рис. 2.

Несколько слов о соотношении отдельных элементов нефтегеологического подразделения стратисферы с общегеологической или общелитологической иерархией. На породном уровне соотношения наиболее просты и однозначны. Коллектор, полуколлектор и антиколлектор представляют собой обычную горную породу - песчаник, глинистый алевролит, каменную соль и т.д. Продуктивный же пласт в общем случае сложен серией слоев однотипных или разнотипных горных пород, скажем, переслаивающимися



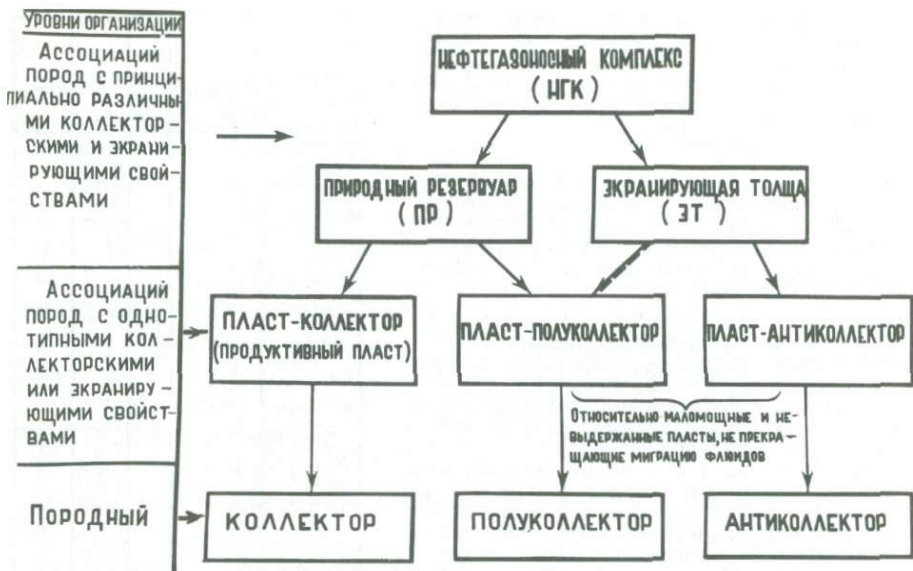
Р и с. 1. Принципиальная схема соотношения понятий коллектор, полупокрышка (полуколлектор), флюидоупор (антиколлектор), продуктивный пласт, природный резервуар, экранирующая толща, нефтегазоносный комплекс

Породы - коллекторы: 1 - песчаники крупнозернистые; 2 - песчаники среднезернистые; 3 - песчаники мелкозернистые, глинистые; 4 - песчаники с карбонатным цементом; 5 - известняки органогенные; 6 - известняки органогенно-обломочные; 7 - известняки оолитовые; 8 - доломиты кавернозные; породы - полупокрышки (полуколлекторы): 9 - алевролиты глинистые; 10 - глины алевролитистые; 11 - мергели; 12 - доломиты глинистые, мелкозернистые; 13 - доломиты сульфатизированные; 14 - ангидриты глинистые; породы - флюидоупоры (антиколлекторы): 15 - глины тонкоотмученные; 16 - каменная соль. Т-1, Т-2, Т-3 - продуктивные пласты, сложенные терригенными коллекторами; К-1, К-2, К-3 - продуктивные пласты, сложенные карбонатными коллекторами. Нижний предел промышленной проницаемости: ПР - природный резервуар, ЭТ - экранирующая толща, НГК - нефтегазоносный комплекс



мелко- и среднезернистыми песчаниками. Аналогично сложение пластов-полуколлекторов и пластов-антиколлекторов.

Поскольку формой организации слоев или породно-слоевых ассоциаций являются циклиты разного порядка, интересно рассмотреть соотношения с ними продуктивных пластов (равно как пластов-полуколлекторов и пластов-антиколлекторов). Тут, видимо, могут быть различные варианты. Например, в нижнекембрийских отложениях юга Сибирской платформы (осинский, юрхский и другие горизонты) продуктивные пласты-коллекторы приурочены к средней части циклитов, сложенной фитогенными, часто вторично перекристаллизованными и доломитизированными известняками, в то время как нижние и верхние элементы циклитов, сложенные соответственно глинистыми известняками и доломитами и плотными мелкозернистыми доломитами, представляют собой пласты-полуколлекторы (полупокрышки). Аналогичные соотношения устанавливаются и в ряде других карбонатных платформенных формаций аридной зоны [9]. Если же циклиты не содержат плохо проницаемых пород или их мощность невелика и не обеспечивает разделение проницаемых пластов, продуктивный пласт мо-
Ю. Зак. 1390



Р и с. 2. Иерархическая схема нефтегазгеологического подразделения стратисферы

жет включать в себя несколько циклитов. Подобная ситуация, видимо, реализуется в планктоногенных карбонатных формациях писчего мела и образующихся из него микрозернистых известняков и частично в карбонатных платформенных формациях гумидной зоны, где лишь нижние, более глинистые элементы циклитов могут иногда быть пластами-полуколлекторами.

Столь же многозначны соотношения ПР и НГК с крупными литолого-геологическими единицами, и прежде всего с формациями и структурно-формационными этажами. Например, эйфельско-живетско-франская терригенная автохтонная формация Волго-Уральской провинции содержит ряд ПР, изолированных преимущественно глинистыми покрывками афонинского, муллинского и других горизонтов, и включает не менее пяти продуктивных пластов ($D_1 - D_5$), однако региональной и наиболее важной экранящей толщей являются кыновские глины, залегающие в кровле формации. В карбонатно-соленосной формации венда-кембрия юга Сибирской платформы также выделяется ряд ПР, ограниченных соленосными отложениями усольской, бельской, булайской и литвинцевской свит, однако наиболее распространенная и мощная, обладающая наилучшими экранящими свойствами усольская соленосная толща развита в нижней половине разреза.

С другой стороны, нередки случаи, когда один НГК состоит из разных формаций. Так, средне-верхнекаменноугольно-нижнепермский НГК востока Русской платформы состоит из карбонатной (ПР) и соленосной (ЭТ) формаций. Мощный региональный верхнедевонско-нижневизейский НГК

Волго-Уральской провинции состоит из карбонатной формации (ПР) и терригенной угленосной (ЭТ). Последняя, в свою очередь, содержит породы-коллекторы, образующие отдельные пласты ($C_I - C_{IV}$), т.е. является самостоятельным ПР.

Уже на этих примерах видно, что главные ЭТ могут располагаться в кровле формаций, непосредственно в их разрезе, или даже принадлежать к другим формациям. Стратиграфическое положение ЭТ также может меняться по простиранию. Так, экраном нижневизейского терригенного ПР в Оренбургской области является основание тульского горизонта (окремненные известняки - "плита"), а в Куйбышевской области и в Татарии на этом уровне имеется продуктивный пласт (B_0) и экранирующая толща смещается к кровле горизонта.

Столь сложные и неоднозначные соотношения связаны не с неопределенностью понятия и объема формаций, а с объективно различными критериями выделения литологических и нефтегеологических объектов-формаций и структурно-формационных этажей, с одной стороны, и НГК, ПР, ЭТ - с другой. Первые наряду с другими показателями имеют стадияльно-тектонический характер и представляют собой парагенетический комплекс пород, образовавшихся в определенных тектонических и климатических условиях и соответствующих определенным стадиям тектонического цикла или целиком всему циклу. Выделение же НГК (и ПР как его части) определяется наличием мощной экранирующей толщи. Последние формируются в моменты максимальных трансгрессий и начала регрессий, т.е. где-то в средней части тектонического цикла. Положение экранирующих отложений в более мелких циклитах также вполне закономерно, но сами эти циклиты полностью входят в состав формаций. Уже это показывает принципиальную несопоставимость нефтегазоносных и возможно нефтегазоносных комплексов просто и напрямую с комплексом отложений, формирующимся в определенные стадии тектонического цикла (формациями) или в течение всего цикла (структурно-формационными этапами).

Латеральные изменения, выклинивания ПР и ЭТ и связанное с этим "расщепление" и, напротив, укрупнение стратиграфического объема НГК - особый вопрос; частично он рассмотрен ранее [4, 9]. Эти явления, однако, не исключают основной принцип вертикального нефтегазогеологического подразделения стратисферы, определяя лишь конкретность такого подразделения в конкретных районах и накладывая ограничения на пространственное распространение тех или иных ПР и НГК.

Изучение разных иерархических уровней нефтегазогеологического подразделения стратисферы требует различных подходов и методических приемов. На породном уровне необходимо изучать сами породы - их состав, структуру, текстуру, коллекторские и экранирующие свойства, соотношения между ними. На всех остальных надпородных уровнях важно выявить закономерности строения и композиции осадочных толщ. При этом результаты исследования каждого нового уровня организации в данной

иерархической линии применяются для разных целей и на разных стадиях геологоразведочных работ и в ряде случаев уже привели к важным практическим результатам. В частности, исследование латеральных изменений НГК и ПР может быть использовано при региональном и частично зональном прогнозе перспектив нефтегазоносности и выборе общих направлений поисково-разведочных работ. Зная строение ПР, в частности установив наличие плохо проницаемых пород между пластами-коллекторами и экранящей толщей в виде промежуточного комплекса или ложной покрывки, можно объяснить степень заполнения ловушек УВ [I7], а затем использовать их при локальном прогнозе нефтегазоносности и определении возможных объемов ловушки [II]. Понятие о многослойном ПР, где продуктивные пласты разделены пластами-полуколлекторами, может быть использовано при подсчете запасов промышленных категорий, выборе интервалов опробования и т.д.

На проблеме строения продуктивных отложений и, как одном из следствий этого, на проблеме строения залежей сходятся интересы ряда направлений геологии. Так, промысловая геология среди прочих задач детально выясняет строение ПР, продуктивных пластов, отдельных эксплуатационных объектов, создает модели их строения как основы геометризации залежей. При этом работа основана на эмпирическом материале конкретных месторождений и залежей. Литологические исследования приводят к тем же результатам, но имеется и принципиальное различие: при рассмотрении более широкой, чем месторождение, площади создаются более грубые модели, однако появляется возможность на базе литолого-фациального анализа прогнозировать то или иное строение НГК и ПР, качество ЭГ, ПР и отдельных пластов, давать прогноз распространения той или иной модели строения и характера коллекторов в зависимости от фаций [IO].

Само же исследование структуры осадочных тел, породно-слоевых ассоциаций и их композиций становится, по-видимому, одной из новых и важных задач литологии. В современной литологии достаточно четко сформировалось три главных раздела: стадийный, или стадийно-генетический, историко-эволюционный и седиментационно-генетический (седиментологический). Последнее направление рассматривает факторы, механизмы и обстановки осадконакопления и тесно связано с фациальным анализом. При этом главное внимание уделялось и уделяется выяснению законов, определяющих пространственное развитие и распространение пород того или иного типа и их ассоциаций. Вместе с тем проблема строения возникающих в тех или иных обстановках, при тех или иных процессах комплексов отложений, их структура становятся все более актуальными. Одним из важных путей решения этой задачи может явиться комплексное изучение цикличности. При этом системно-структурный подход дает возможность объективно выделять и характеризовать строение циклитов разного порядка [8]. Сами же законы, определяющие это строение, механизмы, его вызывающие, исследованы пока недостаточно, а именно

их познание дает ключ к прогнозам. Ясно, что структура осадочного тела определяется теми же основными причинами, что и сам ход литогенеза и его специфика, — тектоникой, климатом, эвстатическими колебаниями уровня моря, жизнедеятельностью организмов и т.д. Конкретные же механизмы воздействия, обуславливающие ту или иную структуру образующихся осадочных тел, предстоит выяснять.

Л и т е р а т у р а

1. Ленин В.И. Материализм и эмпириокритицизм//Полн. собр. соч. Т. 18. С. 7-384.
2. Антонова Т.Ф., Гурова Т.И., Мельников Н.В., Килина Л.И. Резервуары нефти и газа Сибирской платформы и методика прогноза их качества//Коллекторы нефти и газа и флюидоупоры. Новосибирск: Наука, 1983. С. 59-62.
3. Бакиров Э.А. Принципы выделения и классификации нефтегазовых комплексов и покрывок//Губкинские чтения. М.: Недра, 1972. С. 274-281.
4. Габриелянц Г.А., Каламкаров Л.В., Кузнецов В.Г. Нефтегазовые комплексы, принципы их выделения и задачи изучения на территории Армянской ССР//Изв. АН АрмССР. Науки о Земле. 1970. № 6. С. 8-18.
5. Геология нефти и газа Сибирской платформы. М.: Недра, 1981. 552 с.
6. Дмитриевский А.Н. Системный литолого-генетический анализ нефтегазовых осадочных бассейнов. М.: Недра, 1982. 230 с.
7. Калинин М.К. Состояние и задачи методов изучения природных коллекторов нефти и газа и флюидоупоров//Коллекторы нефти и газа и флюидоупоры. Новосибирск: Наука, 1983. С. 5-9.
8. Карогодин Ю.Н. Седиментационная цикличность. М.: Недра, 1980. 242 с.
9. Кузнецов В.Г. Природные резервуары нефти и газа карбонатных формаций. М.: ВНИОЭНГ, 1984. 58 с.
10. Кузнецов В.Г., Дон О.В., Баташева И.В. Специфика строения природного резервуара нижнекембрийских органогенных построек//Геология нефти и газа. 1984. № II. С. 44-49.
11. Локальный прогноз нефтегазоносности на основе анализа строения ловушек в трехслойном резервуаре: (Методические указания) /В.Д. Ильин, С.П. Максимов, А.Н. Золотов и др. М.: ВНИГНИ, 1982. 52 с.
12. Методические указания по количественной оценке прогнозов ресурсов нефти, газа и конденсата. М., 1983.
13. Прозорович Г.Э. Покрывки залежей нефти и газа. М.: Недра, 1972.
14. Скворцов И.И. Нефтегазогеологическое районирование с позиций системного историко-геологического подхода//Методологические

проблемы геологии нефти и газа и их связь с практикой. Новосибирск: Наука, 1986. С. 159-170.

15. Справочник по геологии нефти и газа /Под ред. Н.А. Еременко. М.: Недра, 1984. 480 с.
16. Т р о ф и м у к А.А., К а р о г о д и н Ю.Н., М о в ш о в и ч Э.Б. Проблемы совершенствования понятийно-терминологической базы геологии нефти и газа: (На примере понятий "резервуар" и "ловушка")//Геология и геофизика. 1980. № 2. С. 3-10.
17. Ф и л и п п о в Б.В. Типы природных резервуаров нефти и газа. Л.: Недра, 1967. 123 с.

УДК 553.98:551.7

А.А. Шешуков

О СТРАТЕГИЧЕСКОЙ ЗАДАЧЕ КОСМИЧЕСКОЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ

Современный этап развития космической нефтегазовой геологии характеризуется тем, что произошло накопление достаточного количества экспериментальных данных для осознания исследователями перспектив использования космоснимков в прогнозно-поисковых целях. Следующий этап поднимает проблему создания теории поисков месторождений нефти и газа на базе дистанционных методов, от решения которой во многом будет зависеть характер внедрения этих методов: либо они будут активно ведущими в прогнозно-поисковом процессе, либо пассивно войдут в общий комплекс геолого-геофизических методов.

Чтобы последнего не случилось, следует определить для них такую задачу исследований, которая была бы главной в общей стратегии поисков и которую в принципе невозможно решить другими (недистанционными) методами. Представляется, что только решением стратегической задачи можно вызвать реальный интерес у ответственных руководителей нефтегазопоисковых работ, сделав оправданной высокую степень риска, связанную с внушительными затратами на опоскование подготовленных объектов, особенно в слабоосвоенных труднодоступных районах, где каждая скважина может стоить несколько миллионов рублей.

Известно, что стратегия поисков нефти и газа в слабоизученных удаленных районах направлена на открытие хотя бы одного крупного или гигантского месторождения. Однако методы их прогнозирования до сих пор геологами не разработаны. Это порождает острую проблемную ситуацию с выбором рационального пути решения стратегической задачи при освоении топливно-энергетических ресурсов отдаленных территорий страны. Ясно одно, что путь с л у ч а й н о г о открытия гигантов, традиционно связанный с постоянным наращиванием объема затрат на

сейсморазведку и бурение, должен быть отвергнут прежде всего по экономическим соображениям. Требуется поиск нестандартных решений, и этому нет разумной альтернативы. Постановка стратегической задачи через целенаправленный прогноз крупных и гигантских скоплений углеводородов в земной коре представляется весьма актуальным и престижным направлением исследований рождающейся науки — космической нефтегазовой геологии.

В настоящее время при дистанционных исследованиях наиболее популярны прямые поиски нефтегазоносных объектов. По сути своей они нацелены на выявление геохимических, тепловых, электромагнитных "излучений" залежей нефти и газа, которые фиксируются на снимках в виде аномалий фототона изображения.

Принципиальная критика методологии прямых поисков дана Э.А. Егановым [4]. В качестве альтернативы он предлагает системно-модельный подход к исследованию природных объектов, который направлен на обнаружение благоприятной геологической обстановки (ситуации) для местонахождения крупного месторождения. Здесь поисковый процесс начинается с составления модели или образа геосистемы¹ крупного месторождения, что предусматривает нахождение к а т е г о р и й о б щ н о с т и объектов данного типа, в то время как сложившаяся практика геологоразведочных работ преимущественно ориентирует на изучение многочисленных деталей, индивидуальных свойств геологических объектов. По мере детализации работ обнаруживаются все новые отличительные особенности, и в конце концов каждый разведанный объект становится уникальным. Применительно к дистанционным методам детальное, кропотливое исследование нефтегазоносного объекта как той или иной аномалии фототона изображения со всеми ее нюансами, дополненное комплексом геолого-геофизических, морфометрических, ландшафтно-индикационных и других признаков, неизбежно приводит к формированию обширного набора категорий различия. В этом смысле каждое крупное или гигантское скопление нефти или газа приобретает свой уникальный образ с соответствующим "фотопортретом" и поэтому становится случайным, "неопознанным объектом".

Сфера влияния категорий общности должна распространяться далеко за пределы контура залежи и характеризовать общую структурно-тектоническую обстановку, благоприятную (с позиции принятой гипотезы о генезисе залежей данного типа) для обнаружения искоемых нефтегазоносных объектов. Благоприятная обстановка характеризует геосистему со специфическим расположением (законом композиции) ее структурно-тектоничес-

¹Говоря о модели или образе геосистемы, мы имеем в виду представление ограниченного разнообразия отношений и связей множеств ее элементов, т.е. инварианта геосистемы с устойчивыми структурно-тектоническими элементами, их комбинацией, связями и отношениями. Термины "модель", "структурная модель", "образ" употребляются как синонимы.

ких элементов ландшафта земной поверхности, надежно узнаваемых дистанционными методами.

В методологическом аспекте особенностью системного подхода к поискам месторождений полезных ископаемых является то, что первоначально ищется не сам, например, нефтегазоносный объект как копия какого-нибудь известного месторождения или по прямым индикационным признакам, а на основании сформированного образа открыва е т с я г е о с и с т е м а, к которой искомым объектом должен закономерно принадлежать. А уже внутри такой геосистемы осуществляется поиск залежи по тем или иным индикаторам [6].

В настоящее время трудно сказать, каков будет поисковый образ нефтяного или газового гиганта в окончательном виде. Может быть, в его основу будут положены детерминированные модели типа гексагональной решетки разломов [9] или Д-волн [3], или определенные зоны контакта литосферных плит и рифтогенеза [2, 7], или другие комбинации геологических тел. Важным представляется лишь то, чтобы каждая модель имела отчетливо выраженный, объективный ландшафтный облик или портрет для сравнения эталонных объектов, была узнаваема на космоснимках для постороннего наблюдателя и в особенности для лиц, принимающих решение. Традиционное геолого-геофизическое обоснование модели в данном случае является внутренней, скрытой, в большей мере субъективной ее стороной.

Поиск геосистем, контролирующих крупные и гигантские скопления нефти и газа, требуют изучения большого числа эталонных площадей у нас в стране и за рубежом, различной степени генерализации объектов, исследования их общности под различными углами зрения — от глобального до локального. Такие условия могут обеспечить лишь дистанционные методы. Вот почему решение стратегической задачи в той постановке, как это изложено выше, в принципе невозможно другими методами, не обладающими неограниченной обзорностью и одновременно детальностью изображения объектов прогнозного исследования.

Современный взгляд на Землю "со стороны", из космоса, как на астрофизический объект многое меняет в привычном, традиционном представлении геологов о внутреннем строении нашей планеты, и это должно учитываться в логических построениях космической геологии. Логика рождающейся науки должна настроиться на интерпретацию качественно новой информации и быть способной на отказ от многих устоявшихся понятий и логических выводов. Так, в ее понятийный аппарат в качестве основного объекта исследований прочно вошел неизвестный ранее тип структур с круговой и спиральной симметрией, который можно считать основным ландшафтообразующим фактором, учитывая огромное количество повсеместно зартированных кольцевых структур самых различных примеров. Специальные исследования [1] доказывают, что кривизна дуги у большинства надежно наблюдаемых на Земле и на планетах Солнечной системы кольцевых структур не круговая, а спиральная, и это позволяет их рас-

смотреть в общем случае как структуры вращения Γ .

Появление в поле зрения наблюдателя из космоса локализованных структур вращения в литосфере Земли, "корни" которых могут уходить глубоко в мантию, своеобразных мантийно-литосферных вихрей, их фундаментальное значение в тектонической деятельности и формировании земного ландшафта — факт наблюдаемый, объективный, но весьма странный по современным геодинамическим представлениям. Очень немногие исследователи допускают возможность завихряющихся, турбулентных течений в коре и мантии Земли. К этому трудно прийти логически, базирываясь на общепринятых константах вязкости мантии (10^{20} — 10^{25} П), допускающих в традиционной трактовке лишь реологические стационарные движения вещества Земли как вязкой ньютоновской жидкости со скоростями в несколько сантиметров в год и периодами в сотни тысяч и более лет.

В образовании мантийных и литосферных вихрей, очевидно, проявляется более "тонкий" план динамики сплошной среды, который, по мнению С. Уеда, характеризуется тем, что свойства мантии существенно отличаются от свойств нормальной вязкой жидкости и скорость деформации или течения вещества Земли возрастает нелинейно при увеличении давления и на много порядков. Тогда "течение в мантии может быть сильно локализованным, струйным. В большей части объема течение будет медленным, но если в каком-то месте оно почему-либо ускоряется, то его скорость может возрасти очень сильно" [10, с. 178]. С такими выводами вполне согласуются результаты реологических экспериментов по моделированию потока вещества астеносферы в условиях классического течения Куэтта. С ростом приложенного сдвигового напряжения наступает такой момент, когда жидкость как бы саморазгоняется, т.е. для резкого повышения скорости течения в канале увеличения сдвигового напряжения не требуется. Более того, скорость продолжает расти даже при некотором снятии напряжения. Отсюда следует важный вывод, что при достаточно больших приложенных сдвиговых напряжениях, вполне свойственных недрам нашей планеты, спокойных, стационарных течений в астеносфере и мантии Земли быть не может [8].

В недрах постоянно создаются условия для саморазгонки, самодействия динамических систем, свойственные неравномерно вращающемуся космическому телу. Очевидно, о том же косвенно говорит и фундаментальное открытие группы советских ученых во главе с Н.С. Ениколоповым [5], показавших, что при соответствующих давлениях и сдвиге химические реакции в твердых телах идут в миллиарды раз быстрее, чем те же реакции в жидкостях. То есть вопреки бытующему мнению, что частицы в твердых телах не могут перемешиваться, экспериментально доказано что в условиях высокого давления и сдвига в твердых телах проявляют-

Γ В гидродинамике вихрь задается не только спиралью; наиболее устойчивая его форма представляется чисто кольцевой структурой — тором.

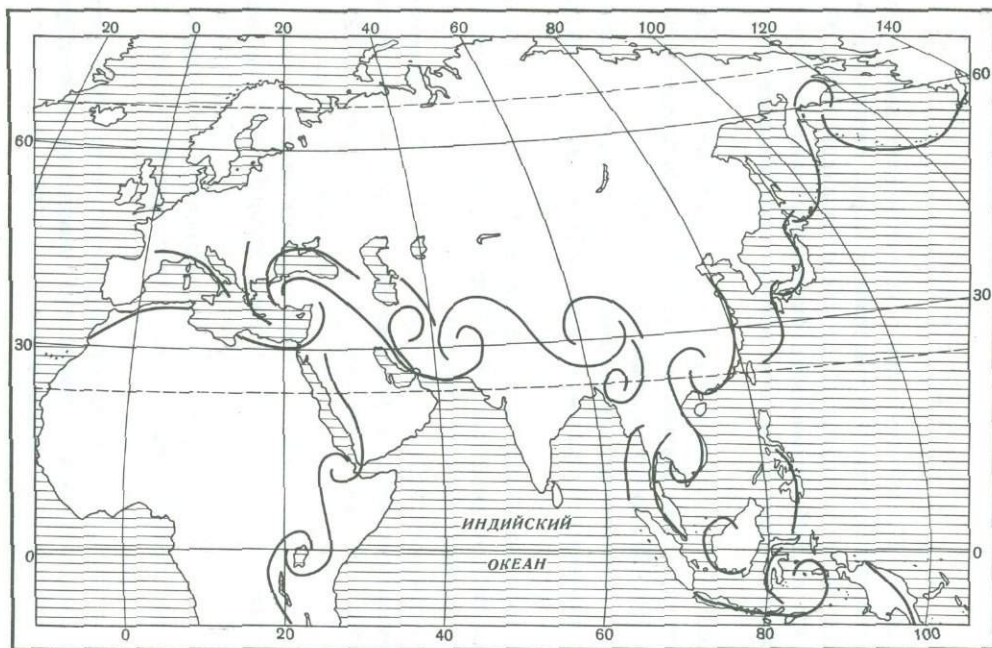
ся свойства сверхтекучести, характерные для квантовых жидкостей с квантовыми вихрями. Так, появление принципиально новой, "космической" информации о широком развитии разномасштабных структур вращения во внешней оболочке Земли приводит к более сложному, существенно "нелинейному" представлению о динамике геосфер, когда требуются понятия и образы самодействующих динамических систем, вихрей в сплошной среде, в волновых резонансных явлениях и диссипативных структурах в литосфере, в стоячих волнах, солитонах и т.д. Представляется, что **это все** должно входить в понятийный аппарат космической геологии, так как новая наука должна взять на вооружение не только новые (дистанционные) методы исследования, но и новую логику, новый взгляд на Землю как на астрофизический объект, отвечающий современным достижениям фундаментальных наук, во многом обязанным квантовой механике.

В общих чертах модель основного объекта исследований космической геологии – земного ландшафта как макроскопической квантовой системы может представляться в виде некоего поля вращения геологической среды во внешней оболочке Земли. Многочисленные кольцевые структуры выступают здесь в роли частиц морфополя с собственным вращением (спином) – положительным, отрицательным или нулевым. Образно такое поле можно представить в виде системы взаимодействующих вихрей типа "циклон-антициклон" с присущими ей связями и отношениями.

Динамическая пара "циклон-антициклон" весьма напоминает образ ядерной пары "нейтрон-протон", которая является как бы двумя состояниями одной частицы – нуклона: в состоянии нейтрона изотопический спин нуклона направлен вниз (циклон), в состоянии протона – вверх (антициклон). Возможно, в системе связей и отношений морфополя рождается все разнообразие элементов земного ландшафта, наподобие множества элементарных частиц микромира.

Для геологии представляется важным, что квантовомеханическая модель динамики Земли системно увязывает не только всевозможные механические движения, но и движения, происходящие с существенно различными скоростями: волновые и вращательно-поступательные собственно тектонические со скоростями в несколько сантиметров в год, наблюдаемые в межструктурном пространстве, в рукавах и линиях тока (связи) мантийно-литосферных вихрей, и взрывные, "катастрофические" в масштабе привычного для нас времени как результат "квантового излучения" вихревых ядер, что-то наподобие литосферных смерчей (торнадо), проявляющихся на поверхности Земли в виде вулканов.

В заключение, возвращаясь к условиям поставленной стратегической задачи, можно предположить, что природа многих полезных ископаемых, в том числе и скоплений углеводородов, связана с таким "квантовым излучением" вихревых ядер. Тогда **открытые** в ландшафте Земли иерархических вихревых систем, закона композиции их элементов и будет являться основной задачей "космического" нефтегазопрогноза, а моделью



Интерпретация морфоструктур Земли как проявление глобальных завихряющихся струйных течений вещества, аналогичных по форме известным вихревым дорожкам Кармана

нефтяного или газового гиганта будет являться ядро литосферного вихря определенного уровня и типа (циклон, антициклон).

Примеры проявления в земном ландшафте глобальных завихряющихся струйных течений и сложно взаимодействующих вихрей можно увидеть в морфологии таких районов земного шара, как Индонезия и Средиземно-море (см. рисунок), Карибское море и сочленение Южной Америки с Антарктидой, островные дуги.

Л и т е р а т у р а

1. А р а к е л я н Р.А. О некоторых закономерностях распределения и взаимосвязи прямолинейных и дугобразных форм, отраженных на космических снимках//Изв. вузов. Геология и разведка. 1978. № 10.
2. Г а в р и л о в В.П. Взаимосвязь океанообразования с образованием и накоплением углеводородов в земной коре//Океанология. 1985. Т. 25, № 2. С. 279-288.
3. Г у б е р м а н Ш.А., П и к о в с к и й Ю.И. Сейсмогенные дизъюнктивные узлы и закономерности размещения месторождений нефти и газа//Изв. АН СССР. Физика Земли. 1984. № 11.
4. Е г а н о в Э.А. Системно-модельный подход к решению поисковых задач//Методология и теория в геологии. Киев: Наук. думка, 1982. С. 33-43.
5. Е н и к о л о п о в Н.С., Ф р и д м а н Л.М. Как рождаться полимеру: Небывалый, но реальный путь//Будущее науки: Междунар. ежегодник. М.: Знание, 1986. С. 97-120.
6. П о в а р е н н ы х А.С., П р о д а й в о д а Г.Т. О методологическом значении системных исследований в геологических науках //Методология и теория в геологии. Киев: Наук. думка, 1982. С. 68-76.
7. С о р о х т и н О.Г. Проблема происхождения нефти в зонах поддвига плит//Геофизика океанов. М.: Наука, 1979. Т. 2: Геодинамика. С. 377-383.
8. Т е р к о т Д., Ш у б е р т Дж. Геодинамика//Геологические приложения физики сплошных сред: Пер. с англ. М.: Мир, 1985. Ч. 2. 376 с.
9. Ф е д о р о в А.Е. Структурно-геоморфологическая интерпретация линеаментов, выделенных по космическим снимкам на севере Европейской части СССР//Исслед. Земли из космоса. 1983. № 1.
10. У е д а С. Новый взгляд на Землю. М.: Мир, 1980. 214 с.

А.С. Кореньков

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ

"Системный подход... является одним из важнейших моментов современного методологического мышления и современной методологической работы" [5, с. 225]. Он ориентирует исследователя на раскрытие механизма целостности объекта, структурности и иерархичности его строения, характера связей как между элементами системного объекта, так и взаимосвязей с внешней средой. В современной геологии сложились три направления использования системного подхода, которые находят свое выражение в концепции естественности систем геологии, в противостоящей ей концепции номинально-целевых систем и в активно развивающемся системно-деятельностном подходе [1].

В то же время "системный подход существует только как подразделение и особая организованность методологии и методологического подхода" [5, с. 209]. Системные геолого-геохимические исследования процесса нефтегазообразования по своей специфике являются не объектными, а предметными, т.е. направленными в первую очередь на получение целостного объекта из множества разрозненных односторонних представлений о нем, и целевыми, предусматривающими получение конкретной информации об условиях генерации, аккумуляции и консервации углеводородов в недрах.

Таким образом, системный подход к геолого-геохимическим исследованиям нефтегазообразования по своей литологической направленности ориентирован на естественно-целевой подход, развиваемый А.Н. Дмитриевским.

Исходными предпосылками [1] естественно-целевого подхода являются:

признание возможности существования целостных природных систем, что ориентирует исследования на познание закономерностей материального мира;

признание необходимости целевой установки при изучении природных систем, что рационализирует процесс исследования;

признание активной роли познающего субъекта, что создает основу для системной организации практической деятельности.

При изучении нефтегазоносности территорий часто рассматривается строение отдельных залежей, месторождений, зон нефтегазоносности, комплексов и бассейнов. Однако, как справедливо отмечается при этом [3], фиксируется в основном существующий к настоящему времени результат процессов развития данного участка земной коры и нефтегазообразования. Но чтобы правильно оценить природу существующих геологических объектов, необходимо представить их в виде целостных систем, их пространственно-временных границ, стадий и форм становления, т.е.

следует выяснить их генетические связи и причины возникновения нефтегазоносных объектов. "Возможность объяснения процесса посредством раскрытия генезиса, связей состояний системы направлена на установление инвариантного в процессуальных характеристиках. Целостность процесса может быть раскрыта при условии выяснения генетического его аспекта. Именно на пути генетического реконструирования выявляются основные процессуальные характеристики геологических объектов" [4, с. 126].

Системные геолого-геохимические исследования процесса нефтегазообразования базируются на том, что практически любые нефтегазоносные объекты могут быть выделены в качестве целостной системы, поскольку они, как и большинство геологических объектов, обладают необходимыми для этого свойствами. Такой целостной природной системой, позволяющей изучить закономерности процесса нефтегазообразования как в теоретическом аспекте, так и для нужд практической геологии, является нефтегазоносный бассейн. Он "представляет собой открытую гетерогенную, динамически равновесную саморегулирующуюся материальную геологическую систему, обеспечивающую образование углеводородов, их перемещение и скопление, а также сохранность этих скоплений в течение отдельных этапов существования системы" [3, с. 120]. Нефтегазоносный бассейн объединяет в единое целое элементы трех подсистем – породной (осадочно-породной), водной и углеводородной. Каждая из этих подсистем, взаимодействуя друг с другом, в большей или меньшей степени меняет свою структуру, состояние, элементы. Наиболее интенсивные процессы преобразования затрагивают углеводородную систему, ответственную за генезис нефти и газа.

Возникновение и развитие системы нефтегазоносного бассейна определяется сочетанием созидательных и разрушительных процессов, являющихся противоположными по их структурно-динамической направленности. "В динамическом отношении геологический объект есть совокупность (результатирующая) различных процессов, которые выражаются в последовательном ряде состояний, образующих систему, т.е. история геологического объекта есть процесс, реализованный в форме системы, где элементами выступают состояния объекта в прошлом. С другой стороны, геологический процесс находит свое выражение в функционировании объекта в настоящем и представляет собой систему взаимодействий, часть из которых является внутренними взаимодействиями геологического объекта, а другую часть составляет множество взаимодействий с другими геологическими объектами. Системность этой конфигурации взаимодействий задается целостностью объекта в настоящем, а системность геологического процесса – целостностью геологического объекта вообще с его исторической составляющей" [4, с. 127]. Чтобы составить объективные представления о протекании этих процессов во времени (целевая установка системных геолого-геохимических исследований), необходимо выявить генетические связи системы нефтегазоносного бассейна, которые отражают

процессы формирования, последовательности развития, превращения структурных элементов, а также взаимодействия энергии и вещества. Углеводородная подсистема, в первую очередь обеспечивающая наличие углеводородов в нефтегазоносном бассейне, является главным объектом изучения.

Системный подход к геолого-геохимическим исследованиям углеводородной подсистемы заключается в определении ее состояния с позиций органической геохимии, ее пространственно-временных границ, стадий и форм становления [2].

Целостную углеводородную подсистему объединяет общий материально-энергетический первоисточник – живое вещество биосферы. Продукты его фоссилизации – различные по составу жидкие и газообразные углеводороды, отвечающие определенным стадиям (уровням) существования подсистемы. Элементы подсистемы, сильно различаясь своими свойствами и функциями в зависимости от места, характеризуются тем не менее одним свойством, взаимоопределимым со свойством всей подсистемы, – наличием соединений, относимых к группе углеводородов.

Системный геолого-геохимический подход к анализу процессов нефтегазообразования предполагает выявление структуры иерархических уровней углеводородной подсистемы, каждый из которых отвечает характерным состояниям углеводородов в земной коре.

Смена стадий развития процесса, отражающего полный жизненный цикл функционирования углеводородной подсистемы, рассматривается в иерархическом ряду характерных состояний углеводородов, соответствующих определенным этапам их геологической истории (седиментогенез, диагенез, генерация углеводородов, их миграция и т.д.). Достаточно полное отображение системного объекта возможно только с позиций осадочно-миграционной (органической) теории образования нефти, позволяющей выделить определенные стадии (иерархические уровни) в преобразовании органического вещества и углеводородных флюидов в земной коре и указать соответствующие им фазовые состояния углеводородов (элементы системного объекта). Таким образом, конструируется двухмерная модель процесса нефтегазообразования.

Однако системный подход как особая форма методологического подхода предполагает получение информации не только об объекте исследования, но и о самом исследовании. Именно в соединении информации о целях и методах исследования и о самом его объекте заключается одно из преимуществ естественно-целевого подхода. Применительно к нашей задаче эта связь создается путем подбора каждому иерархическому уровню соответствующих методов исследования его структуры и связей с соседними иерархическими уровнями. Так, если на стадии диагенеза первоочередной задачей является восстановление геохимических обстановок преобразования органического вещества и определение его потерь на осуществление окислительно-восстановительных реакций, то на стадии существования скоплений углеводородов на первый план выдвигается задача определения их фазового состояния, состава и строения.

Завершающим моментом системного геолого-геохимического анализа является получение исчерпывающей информации о структуре системного объекта, позволяющей с определенного уровня ее развития (иерархический уровень, соответствующий стадии генерации) выполнить количественную оценку объекта исследования (т.е. прогнозную оценку нефтегазонасности и указать направления поисково-разведочных работ).

Таким образом, системные геолого-геохимические исследования процесса нефтегазообразования имеют своей целью изучение конкретного пространственно-временного среза нефтегазоносного бассейна как целостной природной системы. Использование в качестве методологической базы естественно-целевого подхода позволяет представить как системный не только природный объект, но и объект исследования. Целевая установка исследования определяет качественно новый уровень анализа процесса нефтегазообразования, способствуя выделению нефтегазоносных систем различного ранга и в конечном итоге обеспечивая возможность проведения научно обоснованного количественного прогноза нефтегазонасности.

Л и т е р а т у р а

1. Д м и т р и е в с к и й А.Н. Системный подход в геологии: итоги, задачи, перспективы//Системный подход в геологии: Тез. докл. II Всесоюз. конф. М.: Би., 1986. С. II.
2. К о р е н ь к о в А.С. Некоторые аспекты системного подхода в исследовании процесса нефтегазообразования//Системно-геологические исследования литосферы. М., 1985.
3. Л а р ч е н к о в Е.П., М о р о з С.А., С о к о л о в Б.А. Историко-генетический и системный подходы в нефтегазовой геологии //Геол. журн. 1986. Т. 46, № I.
4. М о р о з С.А., О н о п р и е н к о В.И. Методология геологической науки. Киев: Вища шк., 1985. 199 с.
5. Щ е д р о в и ц к и й Г.П. Принципы и общая схема методологической организации системно-структурных исследований и разработок //Системные исследования: Ежегодник, 1981. М.: Наука, 1981. С. 193-227.

УДК 558.98-551.736

А.А. Граусман, М.Г. Чистяков

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ - ЦЕЛЕВАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА

Как известно, геология, как и любая другая естественная наука о Земле, занимается изучением трех множеств - множества объектов, множества свойств и множества взаимодействий.

Принципиальным отличием геологических процессов от процессов, изучаемых другими естественными науками о Земле, являются совершенно иные масштабы времени, другие масштабы реагирующих масс и масштабы энергии, расходуемой на их взаимодействие. В силу этого геолог лишен возможности воспроизвести геологические процессы в рамках лабораторного или промышленного эксперимента. Кроме того, геолог изучает процессы, которые происходили в неизвестной системе координат. Наблюдатель и процесс находятся в разных пространственно-временных соотношениях. Поэтому о процессах, происходивших в далеком прошлом, наблюдатель может делать только "разумные" предположения, а критерием разумности здесь может являться только практика поисково-разведочных работ.

Современное состояние геологии оценивается многими методологами науки весьма критически: "Мировая геология закономерно пришла сейчас в состояние стагнации" [14, с. 135]; "Парадигму современной геологии по преобладающей цели исследования и степени достоверности знания следует считать гипотетико-генетической, а общий уровень развития геологии - эмпирическим" [9, с. 167]; "Теоретические положения в геологии крайне угнетены, существуют лишь в зародыше" [8, с. 77].

Если согласиться с этими высказываниями, а за критерий "разумности" принять прогноз свойств геологической среды - прогноз месторождений полезных ископаемых, то выделение геологом объектов и нахождение отношений между ними, которые приводят к содержательным результатам, являются скорее искусством, чем наукой, и тогда правильнее располагать геологию не между обыденным и научным знаниями [14], а между наукой и искусством.

Системный подход в геологии - это тоже прежде всего искусство, искусство действовать в пределах "возможного" [5]. В других науках системный подход не ведет к замене традиционных процедур исследования: "...большая часть информации, требуемой для описания явлений... с системной точки зрения может быть получена при помощи классических методов исследования" [13, с. 37]. Он просто ограничивает их применение, снимает завесу непогрешимости, "способствует высвобождению разума" [15, с. 20], т.е. является методом упорядочения действий при решении задач.

Однако при внедрении системного подхода в геологию можно наблюдать иную картину. Одни исследователи считают, что "системный подход влечет за собой кардинальную методологическую перестройку всех форм мышления и мыследеятельности в геологической сфере" [16, с. 19], лишая права гражданства классический метод познания в геологии - естественный (множественный). Другие исследователи считают, что системный подход «не нужно внедрять в геологию, ибо геологи по своей сути прирожденные систематики, т.е. специалисты по системам... "Несистемных" исследований в геологии не существует» [3, с. 10]. Такое положение приводит к тому, что в геологии при использовании системного под-

хода продолжает господствовать полная неопределенность. Это находит свое отражение в определении понятия "система".

Система – это, с одной стороны, предмет, обладающий эмерджентными свойствами [14], а с другой – просто "непустое множество", которое может состоять и из одного элемента (крайний, вырожденный случай), "когда значение второго элемента бесконечно мало, т.е. равно или приближается к нулю" [II, с. II].

В такой диапазон определения системы можно поместить весь реальный и весь фантастический мир, придуманный исследователем. Тем самым выхолащивается суть системного подхода – единственного пока в геологии методического приема, позволяющего отличить реальность от фантазии.

Вместе с тем нельзя не отметить, что требование эмерджентности [14], закона композиции [12], гармонии, симметрии [15] и т.д. является для геологии требованием поставить результат научного исследования в его начало. Поэтому нельзя не согласиться с исследователями, которые считают, что "если учесть, что в науках о Земле общие свойства объектов выявляются, как правило, через отдельные компоненты, то с позиции И.П. Шарапова и всю геологию можно считать бессмысленным занятием" [10, с. 54].

На наш взгляд, это происходит потому, что системный подход пытаются внедрить в геологию без учета специфики этой научной дисциплины.

Геолог в большинстве случаев имеет дело не только с "живыми", но и с "мертвыми" системами, "осколками" бывших систем, которые входят в состав новых систем с новыми функциями. Попытка понять структуру "осколка", найти в нем месторождение полезного ископаемого, исходя из функции новой системы или рассматривая "осколок" как систему, не даст желаемого результата. Поэтому для решения задачи – построения из "осколков" палеосистемы – геолог вынужден заниматься множественным перебором. В этом качестве он, конечно, похож на ребенка, который хочет собрать картинку, разрезанную и наклеенную на кубики, с той лишь разницей, что геологу зачастую неизвестно, что нарисовано на картинке. Для того чтобы построить геологическую модель реальной палеосистемы, мало одного признания системного строения мира, "необходимо еще знание принципов организации и развития материальных систем, т.е. знание того, что именно природа может и чего она не может, что она позволяет и чего ни при каких условиях не допускает" [6, с. 20]. Поэтому многообразие и своеобразие действительности требуют существования двух противоположных, но дополняющих друг друга познавательных установок [15].

Системное мышление в геологии – это сочетание множественного подхода, который рассматривает многое как целое, и системного, который рассматривает целое как многое. Один направлен наружу, поскольку ор-

ганизация элементов во множестве есть акт внешний по отношению к множеству, другой – внутрь, поскольку придает решающее значение внутренней организации, и членение системы на подсистемы определяется "не произволом наблюдателя, а внутренними свойствами системы", которая выдает подсистемам "лицензию на право существования" [15]. Геолог познает множество, опираясь на то, что элементы его даются сознанию. Признавая реальность элементов, он тем самым признает реальность множества. Но построенное исследователем множество может не отражать свойств объекта, потому что реальный объект не множество, а система. Из реальных элементов можно построить призрачный объект, например, кентавра. В большинстве случаев геолог сначала вынужден строить множество, а потом должен проверять, является ли построенное множество системой. Если удастся доказать, что построенное множество есть система, то построена модель реального объекта, если нет, то построенное множество может являться плодом фантазии. По мнению авторов, нельзя внедрять системный подход в геологию, не умея системно организовывать множество. Спор о том, какая из познавательных установок – множественная или системная – более правильна при решении конкретных геологических задач, подобен спору о том, какая из сторон монеты наиболее полно отражает ее стоимость. Системное мышление в геологии – это единство двух познавательных установок – множественной (естественной) и системной (модельно-целевой). Не используя одну из них, исследователь лишает себя возможности познавать мир. Поэтому и раздвигаются в геологии рамки систем до множества из одного элемента, чтобы втиснуть в системный подход всю геологическую действительность.

В основании любого подхода, будь то множественный или системный, в явной или неявной форме лежит идея о том, что "нельзя объять необъятное", принципиально невозможно исследовать объект во всем многообразии его свойств. Следовательно, любые научные представления о реальности суть ее модели. "Мы оперируем не самими реальными объектами, а лишь их образами, моделями, более или менее гомоморфными самим объектам [4, с. 96]. Кроме того, как следует из теории информации, факты приобретают значимость только в рамках более общей системы их описания, и без определения цели исследования невозможно отделить полезный сигнал от помехи. Поэтому любые модели не только не копии реальных объектов, а упрощенное, в какой-то степени искаженное отражение действительности, вычлененной из окружающего мира в соответствии с поставленными задачами и исследовательскими возможностями. Если это так, то задача любого исследования – построение целевой модели изучаемого объекта или явления. Таким образом, модель геологической системы – это целевая модель, построенная для решения конкретной задачи или задач.

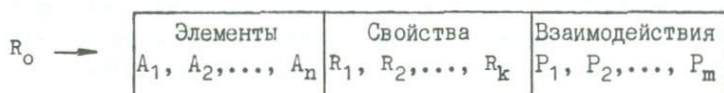
Если рассматривать системный подход не как надпредметный метод или междотраслевую дисциплину, а как инструмент для решения задач [13], то геологическую модель можно рассматривать как множество, ре-

альность существования которого как системы доказана. Доказательством системного построения модели реального геологического объекта может служить решение задачи.

Обычно для решения сложной комплексной задачи организуется группа специалистов, обладающих некоторой суммой знаний. Если данная группа решает поставленные задачи, то ее можно рассматривать не как простое множество людей и знаний, а как систему, которая обладает свойством конструировать новые знания. Модель структуры этой системы, ее входы и выходы могут быть представлены в следующем виде:



Аналогично может быть представлена модель геологической системы для решения целевых задач:



Здесь функция системы состоит в преобразовании входов R_0 в выходы R_1 , и ее можно записать в виде

$$R_1 = R_0 + f(P_1, P_2, \dots, P_m). \quad (I)$$

Решение уравнения (I), по мнению авторов, может рассматриваться как доказательство построения модели реального геологического объекта. В приведенном уравнении (I) и схемах не выражено системное содержание. Они базируются на теоретико-множественных категориях (элементы-свойства-отношение), но, несмотря на это, представление системных объектов на языке несистемных позволяет получать практические результаты и обеспечивать прогнозирование. Тем более что математики, которая может построить модель "истинно системных" объектов, — математики ОТС (общей теории систем) еще не существует [I].

Геологи всегда имели дело с таким количеством информации, которое не в состоянии были использовать без операции свертывания информации — построения понятий в виде моделей-сверток. Многие геологические понятия в основном являются моделями множеств, причем в подавляющем большинстве "размытых" множеств, в которых функция принадлежности задана чрезвычайно грубо. Основные понятия, а следовательно, и основы геологических классификаций появились в геологии задолго до появления теории "размытых" множеств, теории информации, ОТС и т.д. Их появление вызвано необходимостью решать имеющимся набором средств те целевые задачи, которые стояли перед геологией.

Долгое время основой геологии являлась геологическая карта, поэтому целевой основой выработки понятия являлась задача сопоставления – корреляция разрезов для построения карты, отображающей поведение стратиграфических подразделений. Решение этих вопросов свидетельствует о существовании системного подхода в геологии задолго до появления работ по ОТС. "Геохронологическая шкала – грандиозный свод систем... аналогов которого нет в других науках" [3, с. 10]. Но это не значит, что понятиями, которыми тогда пользовались при решении, можно и нужно пользоваться для решения других задач, тем более в век ЭВМ.

Рассмотрим для примера понятие "песчаник мелкозернистый, аркозовый". Песчаник – множество частиц, в которых преобладают частицы размером 0,1–2 мм, песчаник мелкозернистый – множество, в котором преобладают частицы размером 0,1–0,25 мм, аркозовый – множество, в котором частицы представлены в основном кварцем и полевыми шпатами. Песчаник мелкозернистый, аркозовый – это свернутая форма информации, преобразованное наблюдение, где "полезный сигнал" усреднен, а "шумы" подавлены. В геологии существует большое количество различных, иногда противоречащих друг другу гипотез, а отбор информации – сигналов, по-видимому, происходит только с учетом того, "что приготовился увидеть наблюдатель". Поэтому многие общепринятые геологические модели представляют собой модели-свертки, в которых информация об объектах может быть утеряна или искажена.

Большинство общепринятых геологических объектов – карты, разрезы и т.д. построены не из множества фактов, а из множества их субъективных преобразований и в ряде случаев могут оказаться "клеветой на природу".

Оснащение производственных организаций электронно-вычислительной техникой и соответствующим математическим обеспечением позволяет по-иному начать формирование понятийной базы геологии – системно организовать множество. С появлением ЭВМ у геолога появилась возможность "оторвать" факт от его преобразования. Возможности машинной памяти позволяют перейти от операции с субъективными целевыми моделями-свертками к операциям над фактами. Вместо понятия "песчаник мелкозернистый, аркозовый" в памяти машины можно хранить результаты гранулометрического и минералогического анализов. Используя мощь вычислительной техники, можно постепенно отказываться от привычных форм построения моделей геологических объектов и переходить на новые формы изображения геологической информации. Одним из вариантов такого перехода является построение геологических моделей в виде информационных систем [7].

Авторами построена геологическая модель – целевая информационная система, описывающая распределение емкостных свойств в терригенных породах-коллекторах Вилуйской синеклизы. Эта модель содержит

сводку эмпирических данных по стратиграфии и коллекторским свойствам терригенных песчано-алевролитовых пород-коллекторов верхнепалеозойских и мезозойских отложений Вилуйской синеклизы (около 25 тыс. определений), алгоритм индуктивного процесса – алгоритм построения модели-свертки, алгоритм дедуктивного процесса – алгоритм прогнозирования свойств в заданном объеме пород и модель-свертку.

Алгоритмом индуктивного и дедуктивного процессов является решение уравнения (1), и для терригенных отложений Вилуйской синеклизы оно имеет вид

$$m_i = m_5 - \frac{H_i \gamma_T - P_{пл}}{2 \cdot 10^2 \text{ мПа}}, \quad (2)$$

где m_5 – значение открытой пористости на начало уплотнения; m_i – значение открытой пористости для палеоглубины H , определенное на образце породы; γ_T – усредненный удельный вес твердой фазы; $P_{пл}$ – пластовое давление [2].

Модель-свертка есть вариационный ряд распределения, полученный в результате проектирования величин открытой пористости, согласно (2), на нулевую отметку. Модели-свертки построены для каждого литолого-стратиграфического подразделения.

На основе (2) и полученной модели-свертки можно прогнозировать объем порового пространства ($V_{п}$) в исследуемом массиве (V) песчано-алевролитовых пород Вилуйской синеклизы.

Объем пор в массиве можно оценить выражением

$$V_{п} = V \sum_{i=1}^n P_i^* m_i,$$

где P_i^* – вероятность m_i в ряду распределения (в модели-свертке).

Построенная геологическая модель дает возможность прогнозировать объем пор в исследуемом объеме пород, поэтому ее можно рассматривать как модель системы. Дальнейшее расширение информационной базы может создать возможность построения и других, более общих моделей геологических систем.

Л и т е р а т у р а

1. А л е к с е е в И.С. Методологические проблемы построения математического аппарата общей теории систем//Проблемы системных исследований. Новосибирск, 1985. С. 4-10.
2. Г р а у с м а н А.А. Закономерности изменения поровых пород-коллекторов при погружении. Модель гравитационного уплотнения. Якутск, 1984. 136 с.
3. Г р у з м а н Г.Г. Форма мышления и метод познания в геологии //Бюл. МОИП. Отд. геол. 1986. Т. 61, № 3. С. 5-14.

4. Жуков Р.А., Ткачев Ю.Р. Ключевые вопросы проблемы математизации геологии//Применение ЭВМ в геологии и горном деле. Л., 1971. С. 95-110.
5. Кастри Д. Большие системы: Связность, сложность и катастрофы. М.: Мир, 1982. 216 с.
6. Ковалев В.П. Методологические требования адекватного отражения геологической наукой сложных природных систем//Методологические исследования в геологии и геофизике. Новосибирск: Наука, 1986. С. 6-33.
7. Куликович А.Е. Вопросы теории геологического моделирования и теории информативности модели//Методологические проблемы геологии. Киев: Наук. думка, 1975. С. 107-119.
8. Методы теоретической геологии /Под ред. И.И. Абрамовича. Л.: Недра, 1978. 335 с.
9. Назаров И.В. Методология геологического исследования. Новосибирск: Наука, 1982. 176 с.
10. Николаева И.В., Казанский Ю.П. Некоторые проблемы литологических исследований//Методология литологических исследований. Новосибирск: Наука, 1985. С. 46-58.
11. Трофимук А.А., Карогадин Ю.Н., Мовшович Э.Б. Методологические вопросы геологии нефти и газа. Новосибирск, 1983. 124 с.
12. Урманцев Ю.А. Симметрия природы и природа симметрии. М.: Мысль, 1974. 230 с.
13. Чихос Х. Системный анализ в трибонике. М.: Мир, 1982. 352 с.
14. Шаратов И.П. Логический анализ некоторых проблем геологии. М.: Недра, 1977. 144 с.
15. Шрейдер Ю.А., Шаров А.А. Системы и модели. М.: Радио и связь, 1982. 152 с.
16. Щедровицкий Г.П. Об условиях применения системного подхода в геологии и геологической технике//Системный подход в геологии: Теоретические и прикладные аспекты: Тез. докл. на Всесоюз. конф., 17-19 мая 1983 г. М.: МНХиГП им. И.М. Губкина, 1983. С. 19-20.

УДК 552.5; 551.7.02 (571.56)

Н.Н. Томилова, М.П. Юрова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ПРИ ИЗУЧЕНИИ НЕТРАДИЦИОННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ЯКУТИИ

На современном этапе в промышленную эксплуатацию все больше вовлекаются нетрадиционные типы коллекторов - глинистые, кремнистые, а также вулканогенные и вулканогенно-осадочные. Нефтегазоносность таких

коллекторов необходимо рассматривать как сложный процесс, на который влияет большое число факторов, взаимосвязанных и взаимодействующих в пространстве и времени. Информация о таких коллекторах должна включать сведения на различных иерархических уровнях.

Главным своеобразием, определяющим многие свойства этих пород как коллекторов и обуславливающим необходимость разработки специальной методики их изучения, является значительная неоднородность их состава и строения, что определяется спецификой формирования вулканогенных и вулканосадочных пород, а также многообразными вторичными процессами, по-разному протекающими в породах разного исходного состава и строения.

Решение задачи литологического расчленения вулканогенных пород требует создания особой методики интерпретации данных ГИС (геофизические исследования скважин) на базе комплексного литолого-геофизического подхода при изучении этих пород.

Определение коллекторских свойств вулканогенных и вулканосадочных пород, как и других типов пород, невозможно без петрофизических исследований, которые представляют собой основу для выполнения количественной интерпретации данных ГИС и обоснования модели коллектора.

Задачами петрофизических исследований вулканогенных и вулканосадочных пород являются следующие: определение емкостных и фильтрационных свойств пород и их граничных значений для промышленных коллекторов, получение связей геофизических и петрофизических параметров для оценки емкости и степени газонефтенасыщения породы, определение типа коллектора, учет влияния минералогического состава породы на ее петрофизические свойства. Последняя задача может быть решена только на базе комплексных литолого-петрофизических исследований образцов керны.

Важной особенностью вулканогенных и вулканосадочных пород является слабое влияние на характер петрофизических связей литотипа породы и исключительно сильное влияние минеральной ассоциации цемента вулканогенных пород, а в конечном итоге генотипа.

Количественную интерпретацию данных ГИС в вулканогенных породах следует проводить с учетом типа коллектора и минералогического состава глинистой части породы.

Коллекторы преимущественно трещинно-кавернозного типа связаны с эффузивными и пирокластическими породами прижерловых зон. При подводном вулканизме образуются более рыхлые породы, в которых формируются коллекторы сложного порово-трещинно-кавернозного типа. Коллекторы трещинно-кавернозного типа при оптимальных условиях вскрытия вулканогенных пород, когда не образуются обвалов и не происходит выкрашивания, характеризуются такими же качественными признаками, как и породы трещинного типа. В разрезе вулканогенных пород в связи с их выкрашиванием коллекторы трещинно-кавернозного типа отличаются неболь-

шими аномалиями на диаграммах ПС. Диабазы, а также туфы прижерловых зон по сравнению с другими вулканогенными породами характеризуются высокими значениями удельных электрических сопротивлений и аномально низкими значениями естественной радиоактивности.

Одним из необходимых подходов к системному изучению нетрадиционных коллекторов, в частности вулканогенных, является фациальный анализ, для целей которого необходимо располагать данными о реальном или предполагаемом размещении соответствующих изохронных поверхностей в серии сравниваемых разрезов. Этими изохронами ограничивается комплекс вулканогенных образований, изменчивость которых изучается в фациальном отношении. Сравнение внутри комплекса, ограниченного такими рамками, возможно на основе определения типичного для различных резервуаров набора генотипов отложений, характеризующих разные части изучаемой территории.

В пределах небольших территорий (Неджелинская площадь) сравнение разрезов вулканогенных отложений неджелинского резервуара проводилось в рамках условных изохрон, определенных расположением так называемых маркирующих горизонтов, т.е. пластов, отличающихся какими-либо выдающимися чертами состава, позволяющими их выделить достаточно отчетливо среди других напластований. Такими маркирующими пластами явились пепловые горизонты, залегающие в подошве и кровле неджелинской свиты, а также покровные эффузивы, залегающие в ее средней части.

На территории Хапчагайского мегавала в разрезах скважин, вскрывших отложения неджелинской свиты, нами прослежено несколько маркирующих пепловых горизонтов – продуктов вулканической деятельности, пользующихся повсеместным площадным распространением на Хапчагайском мегавале: нижний пепловый горизонт сидеритизированных туффицитов, средний – диабазовый и верхний – палагонитовых туфов.

Анализ палеопостроений свидетельствует о том, что в период формирования осадков нижнего пеплового горизонта пород-флюидоупоров – туфоалевритов и туфоаргиллитов – территория Соболюхской и Неджелинской площадей находилась гипсометрически выше Толон-Мастахской на 20–30 м.

В пределах Неджелинской площади положительные формы рельефа на время формирования этих отложений намечаются в направлении с востока на запад в точках наблюдения – разведочных скважинах 18, 25 и 9.

В период формирования осадков, слагающих средний маркирующий горизонт диабазов (пород-коллекторов), произошло излияние лавы; покров отмечен на Неджелинской площади, к юго-востоку, на Южно-Неджелинской площади, мощность покрова возрастает вдвое, достигая 30–40 м, и покров здесь залегаet непосредственно над метаморфизованными углями верхнепермского возраста. Так как верхний горизонт покрова несет ясные следы наземного выветривания, границы эффузивного покрова можно условно принять за границы вулканического острова. Вне пределов распространения эффузивов в синхронных отложениях отмечается переслаива-

ние аквагенных туфов (гиалокластитов) с туфоаргиллитами. В кровле замещающих эффузивы осадков залегает 2,5-метровый пласт водорослевых известняков, распространенный на всей территории Хапчагайского мегавала. Верхний маркирующий горизонт выделен в верхах неджелинской свиты, представлен палагонитовыми туфами с красным цеолитовым цементом, фиксируется по керну визуальнo, отличается хорошей выдержанностью. Выделение и прослеживание этого горизонта в пределах месторождений Хапчагайского мегавала (Толонского, Мастахского, Неджелинского и Соболюхского) позволили отнести залегающий выше продуктивный пласт T_{1IV}^a к таганджинской свите.

Изучение литолого-фациальных и петрофизических особенностей пород, а также данных опробования, тщательная увязка их с данными существующего (лучше специального) комплекса ГИС с привлечением ЭВМ позволяют определить:

непрерывную литологическую характеристику изучаемого разреза при фрагментарном отборе керна;

покрышки и коллекторы;

характер газоводонасыщения коллекторов;

типы коллекторов и их взаимоотношение в разрезе.

Такой системный подход дает возможность провести типизацию коллекторов, представить достоверную модель природного резервуара и в итоге дать оценку запасов углеводородов в залежах, приуроченных к вулканогенным природным телам. Этот подход к изучению нетрадиционных (вулканогенных) коллекторов был использован при изучении пермско-нижнетриасовых отложений Хапчагайского мегавала. Наличие массивных залежей связывается с наземной (островной) фацией вулканических образований, а пластовые залежи приурочены к рукавообразным, примыкающим к островным (наземным) пластовым телам водной фации вулкаников.

К массивным залежам островного (наземного) типа относятся пермско-нижнетриасовая залежь Неджелинского месторождения и мономо-таганджинская на Средневилюйском месторождении, к пластовым – залежи газа в пластах T_{1IV}^b Неджелинского, Мастахского и Толонского месторождений, а также в пластах T_{1I} , T_{1IA} и T_{1II} (мономская свита) Толонского месторождения. Основным фактором, обуславливающим наличие коллекторов, является вулканическая трещиноватость, которой пронизаны вулканогенные образования. Именно этот фактор является определяющим при оценке запасов углеводородов в таких коллекторах. Как показал опыт пересчета запасов по неджелинской свите Неджелинского месторождения Якутии, цифра запасов увеличивается в 5 раз, так как в газонасыщенный объем включаются трещиноватые переслаивания в межпластьях. Аналогично можно ожидать увеличения запасов углеводородов и по Средневилюйскому месторождению (мономские и таганджинские отложения).

В.В. Стефанович

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПУТИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПО ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Геолого-экономическая оценка (ГЭО) рудных месторождений является неотъемлемой частью геологоразведочного процесса и служит универсальным инструментом, который используется на всех его стадиях для определения промышленного значения разведываемых объектов (в отличие от экономической оценки, имеющей ограниченное применение). Народнохозяйственное значение исследований, выполненных в этой области знаний, трудно переоценить, поскольку главной конечной целью деятельности всех геологических организаций отрасли является обнаружение и изучение месторождений, представляющих интерес для промышленности. Промышленная же значимость их устанавливается только в результате геолого-экономической оценки. Тем не менее исследования такого плана в подавляющем большинстве своем носят сугубо прикладной характер и не имеют единой теоретической основы; методическим разработкам свойственны фрагментарность и эпизодичность.

ГЭО является полипредметной дисциплиной. В ней фокусируются усилия исследователей многих направлений: геологии рудных месторождений, геофизики, методики и техники разведки, подсчета запасов, горного дела, технологии переработки руд, экономики минерального сырья, горно-обогатительного производства и др.

В этих исследованиях наравне с точными методами широко используются приближенные расчеты, экспертные оценки и эвристические приемы. Поэтому системный подход в разработке теоретических основ ГЭО представляется безальтернативным.

Автором сделана попытка структуризации самого процесса оценки, выделения и группировки систем геолого-экономической оценки рудных месторождений, не имеющих четких геологических границ. Подобные месторождения составляют основу минерально-сырьевой базы многих полезных ископаемых и поэтому заслуживают особого внимания.

Как известно, под системой понимается упорядоченное множество элементов, образующих единство, которое обладает хотя бы одним эмерджентным свойством. В свою очередь, элементы (или подсистемы) системы определенного структурного уровня могут рассматриваться как самостоятельные системы более низкого структурного уровня. Таким образом, иерархия систем и их эмерджентности может быть прослежена в обе стороны от систем данного структурного уровня.

Процесс ГЭО предлагается рассматривать как систему и в качестве элементов (подсистем) выделять в ней модели: геологическую, эксплуа-

тационную, экономическую и результирующую (геолого-экономическую). Каждая модель характеризуется комплексом присущих ей показателей - параметров ГЭО, главными из которых являются соответственно геологические, эксплуатационные, экономические и геолого-экономические. Эмерджентные свойства систем ГЭО проявляются прежде всего в том, что ни одна модель, ни один параметр, взятые в отдельности, не могут служить единственным критерием промышленной значимости месторождения.

Иерархическая структура систем ГЭО в значительной мере определяется принятой методологией геолого-экономической оценки, которая, по существу, выполняет роль закона композиции системы. Методология оценки вновь выявленных (не разведывавшихся еще) месторождений значительно отличается от оценки разведанных (предварительно или детально) объектов.

На рисунке показана принципиальная иерархическая структура систем ГЭО разведанных рудных месторождений, не имеющих четких геологических границ.

Применительно к разведанным месторождениям дефицитного сырья (благородных металлов и др.) выделено восемь систем ГЭО, различающихся между собой по комплексности руд (однокомпонентные или многокомпонентные), способам отработки месторождений (открытый или подземный), условиям добычи руд (селективная или на массу).

В связи с небольшим объемом статьи характеристики упомянутых систем ГЭО не приводятся. Каждая из выделенных систем ГЭО может быть представлена в виде элемента подсистемы изучения месторождения, которая относится к более высокому ($n+1$ -му) структурному уровню. Другими элементами (подсистемами) этой системы тогда будут геологическая система месторождения и подсистема геологоразведочных работ, выполняемых для его изучения. В качестве главного эмерджентного свойства такой сверхсистемы выступает полная характеристика его как объекта освоения промышленностью.

Структуризация процесса ГЭО может быть отчетливо прослежена как минимум на пяти иерархических уровнях в обе стороны от уровня рассматриваемых систем ГЭО (который считается нулевым). Однако необходимо подчеркнуть, что выделение систем и их элементов (моделей) имеет в известной мере условный характер и не является однозначным.

Эта условность во многом определяется неопределенностью и высоким динамизмом ценностных критериев, отсутствием общепринятых решений ряда коренных вопросов экономики, а также критериев эффективности освоения разведываемых месторождений.

В выделенных системах прослежены взаимосвязи между параметрами ГЭО, которые можно подразделить на прямые и обратные, функциональные и корреляционные, тесные и слабые.

Анализ этих взаимосвязей позволил установить, что сложность систем ГЭО возрастает в направлении от слабо изученных месторождений

Иерархическая структура систем ГЭО рудных месторождений, не имеющих четких геологических границ

Q_2 - геологические запасы руды, C^I, C^{II}, C^N - средние содержания полезных компонентов, соответственно 1-го, 2-го, N-го; M_{max} - максимально допустимая мощность некондиционных прослоев, включаемых в контур промышленных запасов; m_{min} - минимальная мощность рудных тел; C_6 - бортовое содержание основного (условного) компонента; K - коэффициент рудоносности; m - средняя мощность рудных тел; α^0 - угол падения рудных тел; A - производительность горно-обогатительного комбината (ГОК), осваивающего месторождение; Π - потери руды при добыче; β - разубоживание руды при добыче; K_B - коэффициент вскрыши (при открытом способе добычи руды); H_3 - глубина эксплуатации месторождения; I - сквозное извлечение основного компонента при переработке руды; α_K - выход концентрата основного компонента (при переработке руды); C_K - содержание основного компонента в концентрате и C_X - содержание его в хвостах; Z - затраты эксплуатационные, в том числе: Z_D - на добычу, Z_{Tr} - на транспортировку, Z_{II} - на переработку, Z_{OK} - общекомбинатские расходы, ΣZ - полная себестоимость 1 т руды; K_{II} - капиталовложения в строительство ГОК, $K_{уд}$ - удельные капиталовложения на 1 т руды (годовой добычи); C - цены соответственно: C_0 - основного, C_I, C_{II}, C_N - попутных компонентов; K - переводные коэффициенты для перерасчета попутных компонентов в основной: $K_{I/0}$ - для первого, $K_{II/0}$ - для второго, $K_{N/0}$ - для N-го компонентов; Π_p - годовая прибыль ГОК, R_e - рентабельность предприятия; C_{min} - минимальное промышленное содержание основного (условного) компонента; Z - себестоимость получения основного компонента; K_{min} - минимально допустимый коэффициент рудоносности; P_{min} - минимальные запасы изолированных рудных

СИСТЕМА ГЕОЛОГОРАЗВЕДЧНЫХ РАБОТ

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ



МЕСТОРОЖДЕНИЕ

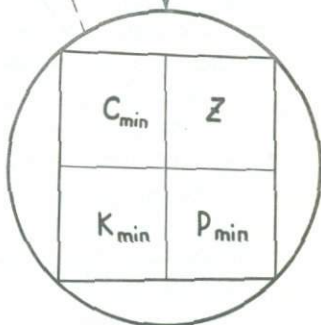
МОДЕЛЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ



ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

ЗАДЕРЖКИ ПРОИЗВОДСТВА			КАП. ВЛОЖ.		ЦЕНОВЫЕ КРИТЕРИИ				ПЕРЕВОДНЫЕ КОЭФФИЦ.			ЭКОНОМ. ЭФФЕКТ.			
Z_D	Z_{Tr}	Z_{II}	Z_{OK}	ΣZ	K_{II}	$K_{уд}$	C_0	C_I	C_{II}	C_N	$K_{I/0}$	$K_{II/0}$	$K_{N/0}$	Π_p	R_e

РЕЗУЛЬТИРУЮЩАЯ МОДЕЛЬ



тел. Штриховыми контурами показаны самостоятельные системы: геолого-разведочных работ и месторождения, сплошными стрелками - прямые, штриховыми - обратные связи параметров оценки

однокомпонентных руд, добываемых подземным способом, к детально разведанным месторождениям многокомпонентных руд, обрабатываемых открытым способом. В этом же направлении увеличивается и многовариантность технико-экономических решений, связанных с оконтуриванием запасов и освоением месторождений.

Первый опыт системного подхода к геолого-экономической оценке рудных месторождений выявил множество совершенно неизученных взаимосвязей между отдельными параметрами оценки и разноречивость ("разнобой") в оценке одних и тех же связей различными исследователями. В то же время он позволил теоретически обосновать бесплодность попыток отдельных авторов осуществлять геолого-экономическую оценку месторождений с использованием какого-либо единого критерия и четко показать разницу в методологии определения промышленной значимости вновь выявленных объектов (на стадиях поисков и поисково-оценочных работ) и в оценке разведанных месторождений.

Развитие системных исследований в области ГЭО на первом этапе, по нашему мнению, должно идти по пути увеличения многовариантности подсчета запасов и технических решений, уточнения взаимосвязей параметров оценки и ее оптимизации с помощью ЭВМ.

Увеличение многовариантности расчетов и технических решений необходимо для учета результатов научно-технического прогресса, условности многих показателей (особенно экономических), а также для оптимизации самой оценки. Реализовывать эти направления, очевидно, необходимо с помощью ЭВМ.

На последующем этапе развития, когда взаимосвязи параметров будут определены достаточно надежно, станет возможным переход от дискретной оценки промышленного значения месторождений на всех стадиях их изученности, которая базируется на опорных вариантах, к непрерывной оценке, основанной на системном анализе ГЭО. Можно утверждать (без опасений сколько-нибудь серьезно ошибиться), что экономический эффект от реализации такой программы в области ГЭО в масштабах народного хозяйства страны будет исчисляться сотнями миллионов рублей.

Ю.М. Щепотьев, П.Я. Шабаршов, Н.А. Розанова

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ВЫДЕЛЕНИЮ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАЙОНОВ И ИХ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ

Важнейшими условиями интенсивного и сбалансированного развития народного хозяйства страны являются комплексное взаимоувязанное развитие всех отраслей промышленности, совершенствование структуры региональной экономики и рациональное территориальное размещение производительных сил, главную часть которых составляют природные ресурсы. В свете этого важное значение может иметь создание научно обоснованной комплексной схемы геолого-экономического районирования территории СССР, отражающей геологические (ресурсные) возможности районов и экономические условия их освоения и обеспечивающей оптимальное сочетание отраслевых и региональных интересов.

В основу системы обоснования геолого-экономического районирования положена концепция существенного повышения эффективности функционирования всего геолого-промышленного комплекса стран [1, 5-7]. Геолого-экономическое районирование территории СССР необходимо для организации планомерного комплексного изучения и эффективного освоения недр, для совершенствования структуры минерально-сырьевой базы и организационной структуры геологической службы страны, максимально соответствующих общесоюзной и региональной производственной инфраструктуре и государственной экономической стратегии.

При разработке системы обоснования геолого-экономического районирования территории СССР, при выделении геолого-экономических районов и их комплексной оценке учитывались объективные современные условия и факторы районообразования и возможные их изменения в будущем, а также новые требования по совершенствованию регионального и отраслевого планирования и управления народным хозяйством.

Основные районообразующие факторы. При решении вопросов геолого-экономического районирования и рационального размещения производительных сил место каждого района в экономике страны определяется исходя из совокупности многих факторов, но особо выделяются и получают преимущественное развитие районы с наиболее благоприятными ресурсными и экономическими предпосылками. Поэтому в качестве основных районообразующих факторов приняты следующие: 1) состояние и структура размещения отраслевых производственных комплексов как фактор, обеспечивающий единство и стабильность развития всей системы; 2) наличие и современное состояние совокупного минерально-сырьевого потенциала территорий как базисный количественный фактор формирования системы районов; 3) комплексность как многоотраслевая общность и взаимообусловленность экономического развития отдельных районов.

Структура территориального размещения сложившихся и намечаемых к строительству отраслевых производственных комплексов, тесно увязанная с существующим экономическим районированием страны и отражающая территориальные особенности и формы интеграции производства, а также возможности внутрирайонного комплексного развития хозяйства, является объективной экономической основой геолого-экономического районирования.

Важнейший районообразующий фактор геолого-экономического районирования - наличие и степень изученности минерально-сырьевого потенциала отдельных территорий. В качестве первичных территориальных (геолого-экономических) элементов - носителей минерально-сырьевых ресурсов - выступают обычно рудные районы с месторождениями определенных видов полезных ископаемых, объединяемые в соответствующие металлогенические зоны и провинции. Последние и служили необходимой геолого-металлогенической предпосылкой и первоосновой геолого-экономического районирования, а их минерально-сырьевой потенциал - исходной характеристикой районов.

Комплексность как основополагающий районообразующий фактор, обладающая сквозным универсальным характером, имеет существенное значение и при формировании общей концепции районирования, и при непосредственном выделении и оценке экономических и геолого-экономических районов [2, 4, 5]. При этом в качестве показателей региональной комплексности хозяйства учитывались наличие, территориальное и производственное сочетание разноотраслевых горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, наличие, величина и особенности пометальной специализации минерально-сырьевого потенциала.

Предлагаемая схема геолого-экономического районирования территории СССР полностью соотносится с общесоюзным экономическим районированием, является таксономически более дробным территориальным делением и в соответствии со своим функциональным назначением отражает важнейшую роль для оценки наличия и состояния минерально-сырьевых ресурсов в геолого-экономических районах.

В соответствии с системным подходом исследования по геолого-экономическому районированию проводились поэтапно и включали в себя систему последовательных операций по сбору, анализу, переработке и синтезу разнородной по научной направленности информации.

На первом этапе на основе пометальных геолого-металлогенических карт различных масштабов проводился отраслевой анализ состояния и размещения выявленных и прогнозируемых минерально-сырьевых ресурсов по металлогеническим провинциям, зонам и рудным районам и составлялись схемы отраслевого (пометального) геолого-экономического районирования территории СССР.

На втором этапе проводилась увязка пометальных металлогенических и геолого-экономических схем, создавалась единая (многометальная) металлогеническая и геолого-экономическая основа районирования, оп-

ределялись совокупный минерально-сырьевой потенциал и его суммарная ценность в недрах, выявлялись сходство и различия в степени экономической освоенности и геологической изученности территорий, анализировалось соотношение территориального размещения минерально-сырьевых ресурсов с размещением горнодобывающих и перерабатывающих предприятий различных отраслей.

На третьем этапе производился отбор и давалось обоснование необходимых сводных геолого-металлогенических и экономических критериев районирования, осуществлялось непосредственное выделение и оконтуривание геолого-экономических районов в пределах территорий союзных республик и крупных экономических районов, составлялась сводная схема геолого-экономического районирования территории СССР, проводилась увязка ее с общепринятыми схемами металлогенического и экономического районирования СССР, уточнялось соответствие выделенных районов общегосударственной и региональной производственной инфраструктуре, определялась общая промышленная значимость районов и их роль в экономике страны.

Под "геолого-экономическим районом" авторы понимают часть территории крупного экономического района или союзной республики (или нескольких республик и областей) площадью 100-500 тыс. км² с наличием выявленных или прогнозируемых минерально-сырьевых ресурсов различных полезных ископаемых, территория характеризуется относительно сходным геологическим строением, близкими экономическими условиями освоения ресурсов, наличием или возможностями создания горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, определяющих производственную инфраструктуру района.

Система критериев выделения и оценки геолого-экономических районов. Реализация принятой концепции геолого-экономического районирования осуществлялась с помощью соответствующей системы критериев, разработанной на основе важнейших районообразующих факторов и использованной для непосредственного выделения и оценки районов. Поскольку исследования по геолого-экономическому районированию ведутся на стыке нескольких наук - геологии, металлогении и экономики, в эту систему вошли наиболее важные геологические, металлогенические и экономические критерии, объединенные в соответствующие группы.

И-я г р у п п а. Критерии оценки состояния и использования минерально-сырьевых ресурсов:

1) суммарная потенциальная ценность минерально-сырьевых ресурсов в недрах, в том числе: а) ценность учтенных запасов и прогнозных ресурсов (раздельно); б) ценность ресурсов благородных металлов и ресурсов цветных металлов (раздельно);

2) ценность годового объема добычи минерально-сырьевых ресурсов, в том числе: а) ценность добычи благородных металлов; б) ценность добычи цветных металлов;

3) соотношение ценности учтенных запасов и прогнозных ресурсов.

2-я группа. Критерии оценки условий размещения и освоения минерально-сырьевых ресурсов:

1) геолого-металлогенические особенности (специализация) районов и удельная ценность ресурсов ведущих металлов (главная ценность);

2) степень экономической освоенности и геологической изученности территории;

3) экономические условия освоения минерально-сырьевых ресурсов и ведения геологоразведочных работ.

3-я группа. Критерии оценки соответствия структуры минерально-сырьевой базы региональной и отраслевой производственной инфраструктуре:

1) соотношение территориального размещения (и объемов) минерально-сырьевых ресурсов с размещением (и мощностями) горнодобывающих и перерабатывающих предприятий;

2) степень обеспеченности геолого-экономических районов (и предприятий) местными минерально-сырьевыми ресурсами;

3) влияние минерально-сырьевых ресурсов (их объемов и размещения) на формирование территориально-производственных комплексов.

Перечисленные критерии и их группы имеют различный характер и различное значение для геолого-экономического районирования. Для оценки их значимости использовалась комбинированная система территориальных индексов и баллов, применяемых при оценке минерально-сырьевых ресурсов и прогнозе их потребления [3, 8], а также соответствующие ранжировочные коэффициенты.

Представленная система критериев и разработанные в соответствии с ней методические приемы геолого-экономического районирования позволили выделить определенные группы районов, характеризующиеся различной величиной минерально-сырьевого потенциала, различной пометальной специализацией, различной степенью экономической освоенности и геологической изученности и другими особенностями.

Так, на основе критериев I-й группы по суммарной ценности минерально-сырьевых ресурсов сравнительно отчетливо выделяются следующие группы районов: а) районы различной крупности – уникальные, крупные, средние, мелкие; б) районы с преобладанием ценности учтенных запасов или ценности прогнозных ресурсов (или с их близким соотношением); в) районы с преобладанием ценности ресурсов отдельных групп металлов.

На основе критериев 2-й группы выделяются группы районов (соответственно по каждому из критериев):

по геолого-металлогеническим особенностям и пометальной специализации: а) районы сложного геологического строения и с полиметальной металлогенией (с одним-двумя ведущими металлами); б) районы геологически неоднородные, с комплексной металлогенией (без ведущих металлов); в) районы со средней степенью геологической неоднородности

и с биметальной металлогенией; г) районы геологически относительно однородные, с монометальной металлогенией; д) районы с неустановленными геолого-металлогеническими особенностями;

по степени экономической освоенности и геологической изученности: а) районы со сложившимися промышленными центрами, геологически изученные в масштабе 1:25000 - 1:50000; б) районы с развитой горнодобывающей промышленностью, изученные в масштабе 1:50000 (1:25000); в) районы, потенциально перспективные для создания горнодобывающих предприятий, изученные в масштабе 1:100000 - 1:200000; г) возможные новые минерально-сырьевые районы, изученные в масштабе 1:500000 - 1:1000000;

по экономическим условиям освоения минерально-сырьевых ресурсов и ведения геологоразведочных работ: а) районы с легкими условиями освоения; б) районы средней трудности освоения; в) районы, трудные для освоения.

На основе критериев 3-й группы - по соотношению минерально-сырьевой базы с производственной инфраструктурой - выделяются свои группы районов, характеризующиеся: а) различными производственными мощностями; б) различной обеспеченностью минерально-сырьевыми ресурсами; в) различным влиянием на формирование ТПК.

Анализ ресурсных возможностей и экономических условий освоения соответствующих групп районов с учетом наличия в их пределах энергетических, водных и других ресурсов позволяет намечать среди них первоочередные районы для дальнейшего интенсивного освоения, для реконструкции и расширения действующих предприятий, для создания и оптимального размещения новых, а также для формирования новых горнорудных узлов и территориально-производственных комплексов.

При решении стратегических задач ускоренного развития отраслей и регионов наряду с учетом и комплексной оценкой минерально-сырьевых ресурсов важное значение имеет создание рациональной организационной структуры геологической службы страны, эффективное использование финансовых ресурсов. Системный подход при выделении геолого-экономических районов и их комплексной оценке позволяет не только сгруппировать районы по величине и специализации их минерально-сырьевого потенциала, но и выделить среди них группы, отличающиеся характером проявившихся в них несоответствий: между степенью изученности минерально-сырьевых ресурсов и интенсивностью их освоения и использования, между имеющейся ценностью ресурсов в недрах и распределением ассигнований на геологоразведочные работы и т.д.

Так, при геолого-экономическом районировании достаточно отчетливо обособились районы с преобладанием ценности учтенных запасов и низким удельным весом ценности прогнозных ресурсов, что свидетельствует о недостаточных объемах поисковых и поисково-оценочных работ, которые проводились в их пределах; и наоборот, выявились районы с преобладаю-

щей долей ценности прогнозных ресурсов, что указывает на незначительные объемы проводимых здесь разведочных работ. Выделяются районы с низкой обеспеченностью местными сырьевыми ресурсами, другие же характеризуются чрезмерно высокой обеспеченностью ресурсами (и незначительными объемами их добычи). Сопоставление отношений удельных затрат на геологоразведочные работы и суммарной ценности минерально-сырьевых ресурсов в недрах позволило выявить районы с неоправданно высокими удельными затратами на единицу имеющейся ценности ресурсов.

Все это указывает на необходимость дальнейшего совершенствования организационной структуры геологической службы страны, а также более тщательного анализа и проработки вопросов инвестиционной политики в области изучения и освоения недр.

В условиях повышенных требований к интенсивным методам развития производительных сил, намеченных мер по повышению эффективности использования полезных ископаемых и всемерной экономии потребляемых ресурсов системные исследования по геолого-экономическому районированию территории СССР и комплексной оценке районов приобретают особо важное значение. В дальнейшем они должны быть направлены на совершенствование методологических основ районирования, методов комплексной оценки минерально-сырьевых ресурсов, на разработку оптимальных схем развития минерально-сырьевой базы отраслей и комплексного развития районов.

Л и т е р а т у р а

1. А р б а т о в А.А. Минеральные ресурсы в национальном, региональном и мировом развитии. М.: ВНИИСИ, 1978. 52 с.
2. И в а н к и н П.Ф., Г о р ж е в с к и й Д.И. и др. Вопросы геолого-экономического районирования сырьевых ресурсов цветных металлов//Методологические и методические проблемы размещения производительных сил и региональной экономики: (Тез. докл.). М.: СОПС, 1977. Секция 3, ч. 3. С. 7-10.
3. И м ш е н е ц к и й А.И. К вопросу о применении индексного метода при оценке минеральных ресурсов регионов//Там же. С. 5-7.
4. К а л а ш н и к о в а Т.М. Экономическое районирование. М.: Изд-во МГУ, 1982. 216 с.
5. К и с т а н о в В.В. Научные проблемы совершенствования экономического районирования//Проблемы теории и практики размещения производительных сил СССР. М.: Наука, 1976. С. 55-79.
6. М а р ч е н к о В.В., В л а с о в Е.П., Я к о в л е в В.А., Н е м и р о в с к и й Э.А. Человеко-машинная система "Регион", проблемно-ориентированная на решение задач прогнозирования минерально-сырьевых ресурсов//Управление перспективным развитием топливно-энергетического комплекса стран - членов СЭВ. М., 1982. С. 211-223.

7. Некрасов Н.Н. Региональная экономика: Теория, проблемы, методы. М.: Экономика, 1975. 53 с.
8. Саушкин Ю.Г. Географические прогнозы//Природа. 1968. № 7. С. 35-42.

УДК 51:55 (551.73:552.5)

С.В. Федорова, А.К. Замаренов, Л.В. Яночкина

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ПРИ ИЗУЧЕНИИ
ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ЭКРАНОВ
ВЕРХНЕВИЗЕЙСКО-НИЖНЕБАШКИРСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО КОМПЛЕКСА
ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

Системный подход к изучению нефтегазогеологических объектов позволяет раскрыть их системную природу, выделить основные "строющие" элементы, определить связи между объектами. Иерархическая схема нефтегазогеологического подразделения стратисферы, по А.Н. Дмитриевскому, предусматривает последовательные уровни систематизации природных объектов: минерал – горная порода – (ЭТ-флюидоупор, ЭТ-коллектор) – природный резервуар (ПР) – нефтегазоносный комплекс (НГК); индекс ЭТ обозначает элементарное тело [1].

Применение этой схемы в практике исследований Т-флюидоупоров конкретизирует методику их изучения в зависимости от поставленной цели. На схеме видно, что ЭТ-флюидоупоры могут рассматриваться, с одной стороны, в качестве самостоятельной системы, элементами которой могут являться породы различного литотипа. С другой стороны, их можно анализировать в качестве элементов системы более высокого уровня организации – ПР, НГК. При первом подходе преобладают аналитические методы исследования пород: литологические описания керна, рентгеновский, термический, спектральный анализы, определения давления прорыва, пластичности пород и т.п. В результате выделяются различные литотипы покровных, обосновывается их отличие от ЭТ-коллекторов. При втором подходе основное значение приобретают геолого-геофизические методы исследования: построение геологических карт, схем корреляции, сейсмогеологических профилей и др. Системный анализ вводит также понятие об эмерджентных свойствах элементов системы, т.е. о новых свойствах, возникающих вследствие принадлежности элементов к данной системе. Эмерджентные свойства флюидоупоров как составных частей ПР, НГК, возникающие вследствие взаимного влияния коллекторских, экраннующих толщ, флюидальных систем, еще ждут своего решения.

Таким образом, системный подход определяет "стратегию" исследований флюидоупоров, ведет к рациональному синтезу различных вариантов анализа, открывает возможности прогноза.

Использование системного анализа при изучении ЭТ-флюидопоров верхневизейско-нижебашкирского НГК Прикаспийской нефтегазоносной провинции позволило достаточно обоснованно выделить покрывку, оказывающую влияние на структуру и нефтегазоносность одного из наиболее перспективных НГК Прикаспийской впадины. При этом нашли применение такие звенья системного подхода, как группирование информативных признаков, выделение иерархизированных объектов, установление взаимосвязей между элементами систем.

Элементами низшего порядка по отношению к ЭТ-флюидопору как системе являются минералы - породы. В качестве информативных функциональных признаков пород-флюидопоров выступают их фильтрационные и деформационно-прочностные свойства: значительное давление прорыва, низкая газопроницаемость, пластичность, обуславливающая малую трещиноватость. Экспериментальное моделирование пластовых условий показало, что подобными фильтрационными характеристиками обладают следующие литотипы, характерные для каменноугольно-пермских отложений Прикаспийской впадины: глинистые породы гидрослюдистого и гидрослюдисто-монтмориллонитового состава, глинисто-карбонатные породы с повышенным содержанием нерастворимого остатка в карбонатной части и галогенные породы (соли, ангидриты). Наличие песчаной, алевритовой примесей, карбонатных линз снижает экранирующие свойства пород.

Сочетания перечисленных литотипов, их литолого-минералогические характеристики существенно различаются в северной, южной, юго-восточной и восточной частях Прикаспийской впадины. Так, нижепермские глинистые пачки в восточной части Прикаспийской впадины отличаются заметным содержанием алевритовой примеси, в их составе доминируют гидрослюда и магнезиальный хлорит, присутствуют также монтмориллонит и смешанослойные образования гидрослюдисто-монтмориллонитового состава. В пределах Приморского свода, на юго-востоке, в глинистой матрице доминируют гидрослюда и натриевый монтмориллонит. На юге, в сводовой части Астраханского поднятия, глины представлены преимущественно гидрослюдой и смешанослойным образованием гидрослюдисто-монтмориллонитового состава, в виде незначительной примеси встречаются каолинит и магнезиально-железистый хлорит. Кунгурские пачки, сложенные каменной солью и ангидритом, на востоке Прикаспийской впадины отличаются относительной литологической однородностью, в виде примеси в них встречен доломит. В то же время для южных районов характерно присутствие в подобных отложениях линзочек гипса, обилие терригенной примеси. Изменения вещественного состава пород объясняются влиянием различных источников сноса: Жигулевского и Воронежского сводов на севере и северо-западе, крупных складчатых зон: Уральской, Южно-Эмбенской и кряжа Карпинского - соответственно на востоке, юго-востоке и юге исследуемой территории.

Изучение роли ЭТ-флюидопоров верхневизейско-нижебашкирского НГК изменяет масштаб и методику исследования. Построение схем сопоставления разрезов, геологических профилей, карты распространения покрывки позволили установить ее основную особенность – зональность строения. Отдельные зоны отличаются стратиграфическим объемом, комплексом литотипов пород, толщиной и экранирующими возможностями.

В пределах внутренней части северо-западной бортовой зоны и на соседней части Прикаспийской впадины расположена мелехесско-верейская глинистая покрывка (см. рисунок), сформировавшаяся в условиях нижней

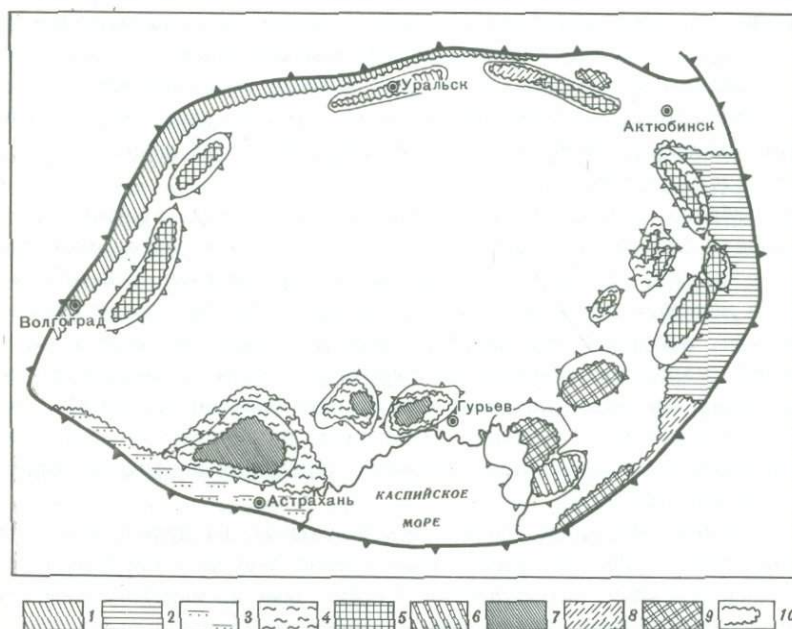


Схема распространения зональных флюидопоров верхневизейско-нижебашкирского нефтегазонасного комплекса Прикаспийской впадины

1 – среднекаменноугольная ($C_2^b-C_2^{vr}$) глинистая покрывка; 2 – подольская глинисто-алевролитовая покрывка; 3 – среднекаменноугольно-нижепермская ($C_2^{vr}-P_2^a$) глинисто-алеврито-карбонатная покрывка; 4 – среднекаменноугольно-нижепермская ($C_2^b-P_2^{kg}$) глинисто-карбонатно-галогенная покрывка; 5 – нижепермская (P_{1a}) глинисто-алевролитовая покрывка; 6 – нижепермская ($P_{1ar}-P_{1kg}$) терригенно-галогенная покрывка; 7 – нижепермская глинисто-карбонатно-галогенная покрывка; 8 – зона отсутствия покрывок; 9 – зона отсутствия НГК; 10 – границы распространения зональных покрывок

части шельфа и континентального склона. Она прослеживается на глубинах 2600–5000 м, отличается большой толщиной – около 50–1000 м, уменьшающейся в восточном направлении, имеет глинистый, преимущественно гидрослюдистый и глинисто-карбонатный состав. Большая толщина, лито-

лого-минералогическая однородность, преимущественно гидрослюдистый состав способствуют тому, что данная зональная покрывка надежно перекрывает соответствующую часть НГК. Ее распространение можно прогнозировать на намечаемых валообразных поднятиях внутренней части северо-западной бортовой зоны Прикаспийской впадины.

Во внешней части восточной бортовой зоны Прикаспийской впадины на глубинах 2500–3000 м выделяется подольская глинисто-алевритовая покрывка, представленная отложениями мелководно-морского генезиса. Толщина покрывки и степень ее алевритистости увеличиваются к востоку. Аргиллиты сложены гидрослюдой, магнезиальным хлоритом. Встречены также каолинит и смешанослойные минералы гидрослюдисто-монтмориллонитового состава. Пестрота литологического и минерального состава покрывки и преобладание хлорита в глинистой матрице пород несколько снижают ее экранирующие возможности, в связи с чем допускается частичный переток углеводородов в вышележащий НГК, который на данной территории является продуктивным.

На наиболее приподнятой части Жаркомысского свода эродированную поверхность башкирских известняков перекрывает нижеассельская глинистая покрывка. Кровля ее прослеживается на глубинах 4300–4700 м, мощность меняется от 10 до 100 м. В глинистой породе присутствуют гидрослюда, магнезиальный хлорит, монтмориллонит, смешанослойное образование гидрослюдисто-монтмориллонитового состава. Надежность нижеассельской глинистой покрывки обусловлена обилием набухающих глинистых минералов в ее составе. Аналогичные по составу флюидоупоры должны прослеживаться на прогнозируемых поднятиях восточной части Прикаспийской впадины.

В юго-восточной части Прикаспийской впадины, на Приморском поднятии, выделяется зона распространения артинско-кунгурской глинисто-галогенной покрывки, представленной артинскими кремнисто-глинистыми породами, кунгурскими ангидритами и солями. Кунгурская часть покрывки в силу физико-механических свойств слагающих ее пород (высокая пластичность) является наиболее надежным экраном карбонатных верхневизейских продуктивных отложений.

На юге, в пределах Астраханского свода, на поверхности башкирских отложений с размывом залегает ассельско-кунгурская глинисто-карбонатно-галогенная покрывка. Кровля ее прослеживается на глубинах 548–3283 м. Толщина этого сложного по составу экрана составляет 1200–3200 м. Наименьшая толщина наблюдается в сводовой части, максимальная – на южной периферии. Ассельские отложения представлены чередованием битуминозных глинистых, кремнисто-глинистых и карбонатных пород. В глинистой части пород устанавливается гидрослюда, а также смешанослойное образование гидрослюдисто-монтмориллонитового состава, концентрация которого увеличивается к подошве покрывки. Изредка встречается каолинит. Надежность ассельско-кунгурской покрывки обус-

ловлена большой толщиной галогенной толщи, а также широким распространением набухающих глинистых минералов в ее подошве. Появление подобных по составу покрывок можно прогнозировать и на соседних неразбуренных участках южной части Астраханско-Актюбинской системы краевых поднятий.

К краевому прогибу, обрамляющему с юга Астраханский свод, приурочена среднекаменноугольно-нижнепермская покрывка, отличающаяся большой мощностью (более 1000 м) флишoidных каменноугольных и нижнепермских молассовых терригенных отложений преимущественно гидрослюдистого состава. Отмеченные признаки позволяют говорить о ее надежности.

Рассмотренные особенности ЭТ-флюидоупоров верхневизейско-нижнебашкирского НГК: зональность строения, большая толщина, изменчивость литолого-минералогического состава пород по периметру Прикаспийской впадины, детерминированная влиянием различных источников сноса, — оказывают влияние на структуру и нефтегазоносность самого комплекса. Надежность исследуемого флюидоупора на большей части территории определяет высокую перспективность данного НГК. В то же время наличие зон с ухудшенными фильтрационными характеристиками на востоке Прикаспийской впадины способствует частичному перетoku углеводородов и определяет нефтегазоносность вышележащего НГК. Положение зональных покрывок в разрезе влияет на стратиграфический объем НГК, который увеличивается до московского яруса включительно под подошвой зональной покрывкой и сливается с вышележащим НГК в зонах отсутствия покрывки на востоке Прикаспийской впадины.

Таким образом, использование системного подхода при изучении ЭТ-флюидоупоров верхневизейско-нижнебашкирского НГК позволило выяснить это сложное явление и охарактеризовать его влияние на нефтегазоносный комплекс.

Л и т е р а т у р а

1. Д м и т р и е в с к и й А.Н. Системный литолого-генетический анализ нефтегазоносных осадочных бассейнов. М.: Недра, 1982. 230 с.

УДК 530.12.531.51

Г.И. Шипов

СИСТЕМА С САМОДЕЙСТВИЕМ

Введение. Во многих случаях системный подход к различным явлениям может использовать достижения естественных наук, таких, например, как физика. В современной физической теории — теории вакуума — любой физический объект, рассматриваемый как система, находится, с одной стороны, во взаимодействии с другими физическими объектами, с другой —

организует свои физические свойства путем самодействия. По-видимому, любая сложная система должна обладать как взаимодействием с другими системами, так и самодействием, организующим ее как отдельную самостоятельную систему. Ослабление самодействия системы приводит либо к ее диссипации, либо к полной зависимости от взаимодействия, а полное исключение самодействия влечет за собой быстрый развал системы или потерю самостоятельности.

В качестве примера самодействующей физической системы мы рассмотрим механическую систему, состоящую из трех тел, связанных идеальными связями.

Симметричный вибратор. Рассмотрим механизм, называемый симметричным вибратором и состоящий из центральной массы M и двух масс m . На массе M закреплена ось вращения, вокруг которой вращаются синхронно и навстречу друг другу невесомые стержни длиной r с закрепленными на концах точечными массами m . Пренебрегая силами трения, можно записать лагранжиан системы, совпадающий в данном случае с ее энергией. Если выбрать ось X , совпадающую с осью симметрии системы, то лагранжиан запишется в следующем виде:

$$L = E = \frac{1}{2}M\dot{x}^2 + mv^2 = \frac{1}{2}M\dot{x}^2 + m(r^2\dot{\varphi}^2 - 2r\dot{x}\dot{\varphi}\sin\varphi + \dot{x}^2), \quad (I)$$

где \dot{x} - скорость массы M , φ - угол поворота стержней, $\dot{\varphi} = \omega$ - угловая скорость стержней.

Поскольку лагранжиан зависит от \dot{x} , φ и $\dot{\varphi}$, то уравнения Лагранжа для функции (I) имеют вид

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}} = \frac{\partial L}{\partial \varphi}. \quad (3)$$

Из уравнения (2) видно, что поступательный импульс

$$p_x = \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} = (M + 2m)\dot{x} - 2mr\dot{\varphi}\sin\varphi = \text{const} \quad (4)$$

сохраняется и представляет собой сумму поступательного импульса $(M + 2m)\dot{x}$ и проекцию на ось X вращательного импульса $-2mr\dot{\varphi}\sin\varphi$ системы. Дифференцируя (4) по времени, получим уравнение поступательного движения системы в виде

$$(M + 2m)\ddot{x} - 2mr\ddot{\varphi}\sin\varphi - 2mr\dot{\varphi}^2\cos\varphi = 0. \quad (A)$$

Уравнение (A) интересно тем, что все три силы, входящие в него, являются силами инерции, причем уравнение (A) оказывается записанным относительно инерциальной системы отсчета.

Подставляя (I) в уравнение (3), получим уравнение вращательного движения системы

$$J \frac{d\omega}{dt} = r2m\ddot{x} \sin\varphi, \quad (B)$$

где $J = 2mr^2$ - момент инерции вращающихся грузов m и $\omega = \dot{\phi}$ - угловая скорость вращения грузов m . Уравнение (B) показывает, что изменение частоты вращения ω вызвано моментом силы инерции $2m\ddot{x}\sin\phi$, действующим внутри системы. Выражая \ddot{x} из уравнения (A) и подставляя полученное выражение в уравнение (B), получим

$$2mr^2\ddot{\phi} - 2mrB\sin\phi\cos\phi\dot{\phi}^2 - 2mrB\sin\phi\cos\phi\ddot{\phi} = 0, \quad (5)$$

где $B = 2mr/(M + 2m)$. В выбранной нами системе координата x грузов m вычисляется по формуле $x_1 = x_2 = r\cos\phi$, поэтому уравнение (A) может быть записано как

$$\ddot{x} = -\frac{2m}{(M + 2m)} \ddot{x}_1. \quad (6)$$

После несложных преобразований уравнение (5) приводится к виду

$$\ddot{\phi} - \frac{\sin\phi\cos\phi}{1/k^2 - \sin^2\phi} \dot{\phi}^2 = 0, \quad (7)$$

где $1/k^2 = r/B$. Из нелинейного характера уравнения (7) следует, что рассматриваемая нами система обладает самодействием. Общие решения уравнений (6) и (7) имеют вид

$$x(t) = -B\cos\phi(t) + c_1 t + c_2, \quad (8)$$

$$\frac{1}{k} E(\phi, k) = c'_1 t + c'_2, \quad (9)$$

где $E(\phi, k) = \int_0^\phi \sqrt{1 - k^2 \sin^2\varphi} d\varphi$ - эллиптический интеграл второго рода, c_1, c_2, c'_1 и c'_2 - константы интегрирования.

Пусть в момент времени $t = 0$ заданы начальные условия вида $x = x_0, \phi = \phi_0, \dot{\phi} = \dot{\phi}_0 = \omega_0, \dot{x} = \dot{x}_0 = 0$, тогда решения (8) и (9) запишутся как

$$x(t) = A + vt - B\cos\phi(t), \quad (10)$$

$$E(\phi(t), k) = \omega_0 \sqrt{1 - k^2 \sin^2\phi_0} t + E(\phi_0, k), \quad (11)$$

где

$$A = \frac{x_0(M + 2m) + 2mr\cos\phi_0}{M + 2m} = \text{const}, \quad (12)$$

$$v = B\omega_0 \sin\phi_0 = \text{const}. \quad (13)$$

Вычисление координаты центра масс системы производится по формуле $x_c = x + B\cos\phi$, поэтому из (10) следует

$$x_c(t) = A + vt. \quad (14)$$

Следовательно, центр масс симметричного вибратора либо покоится ($v = 0$), либо движется прямолинейно и равномерно. В этом случае самодействие системы отсутствует.

Движение центра масс системы за счет самодействия. Из формул (I2)-(I4) видно, что движение центра масс системы полностью определяется заданием начальных условий, а именно заданием x_0 , φ_0 и ω_0 . Используя (8), можно представить энергию (I) системы в виде

$$E = \left(\frac{1}{2}(M + 2m)B\sin^2\varphi + \frac{J}{2} - \frac{JB}{r}\sin^2\varphi\right)\omega^2 = \text{const.} \quad (15)$$

Поскольку амплитуда колебаний системы относительно положения центра масс постоянна и равна B , то из (15) видно, что энергия системы определяется частотой ее колебаний ω . Для того чтобы система перешла из состояния с энергией E_1 в состояние с энергией E_2 , необходимо изменить частоту ее колебаний. Это возможно сделать двумя способами:

- а) внешним воздействием с некоторой силой на массу M (прямая задача, или задача взаимодействия);
- б) внутренним воздействием на ось вращения грузов m некоторым моментом (обратная задача, или задача самодействия).

Рассмотрим задачу самодействия системы, для чего воздействуем внутренним образом на ось вращения грузов моментом $2rmasin\varphi$, где $a = \text{const}$ имеет размерность ускорения. В этом случае уравнение (B) запишется как

$$J \frac{d\omega}{dt} = r2m\ddot{x}\sin\varphi - r2masin\varphi. \quad (16)$$

Это уравнение можно представить в виде

$$J \frac{d\omega}{dt} = r2m\ddot{x}^*\sin\varphi, \quad (17)$$

где $\ddot{x}^* = \ddot{x} - a$ - возмущенное ускорение массы M . (18)

Для возмущенного ускорения (18) уравнение движения (A) запишется как

$$\ddot{x}^* = -\frac{2m}{M + 2m} \ddot{x}_1. \quad (19)$$

Подставляя (18) в (19), находим следующее решение уравнения (19):

$$x(t) = -B\cos\varphi(t) + c_1'' + c_2'' + at^2/2. \quad (20)$$

Выбирая начальные условия так, чтобы $c_1'' = 0$ и $c_2'' = B$, получим из (20) следующее выражение для изменения координаты центра масс системы:

$$x_c(t) = B + at^2/2. \quad (21)$$

Итак, воздействуя внутренним образом (самодействуя) на ось вращения системы по закону (16), мы получим равномерно ускоренное движение ее центра масс. Уравнение (16) можно привести к виду

$$\frac{d\omega}{dt} \omega - \frac{\sin\varphi\cos\varphi}{1/k^2 - \sin^2\varphi} \omega^2 = \pm D \frac{\sin\varphi}{1/k^2 - \sin^2\varphi}, \quad (22)$$

где $D = a/B$. Аналитическое решение этого уравнения получить не удается

ся, так как переменные ω и φ в данном случае не разделяются. Анализ уравнения (22) показывает, что знак "+" в их первой части увеличивает частоту вращения ω , а знак "-" уменьшает эту частоту.

Расчет перемещения центра масс системы за счет самодействия. Увеличивать частоту вращения грузов m в реальной системе можно до тех пор, пока стержни, удерживающие грузы m , а также другие механические части системы выдерживают приложенные к ним нагрузки. Чтобы частота вращения грузов не увеличивалась с каждым периодом, предлагается следующая схема для передвижения центра масс системы. Разобьем период 2π вращения грузов на четыре этапа, из которых два этапа система работает в режиме самодействующего вибратора (при углах $\Pi\pi/6 - 0$ и $5\pi/6 - \pi$ град) и два этапа - в режиме симметричного вибратора (при углах $0 - 5\pi/6$ и $\pi - \Pi\pi/6$ град).

На первом этапе при угле $\Pi\pi/6 - 0$ град система работает в режиме самодействующего вибратора. За это время происходит ускорение вращения грузов с частоты ω_1 до частоты ω_2 . Время первого этапа определяется по формуле $t_1 = \pi/6\omega = \pi/3(\omega_1 + \omega_2)$, где ω_1 - частота в начале этапа, а ω_2 - частота в конце этапа. Согласно уравнениям (16), (19) и (21), на первом этапе центр масс системы получает постоянное ускорение a . Считая, что начальная скорость движения центра масс в начале первого этапа была равна нулю, найдем, что скорость и пройденный путь в конце первого этапа вычисляются по формулам

$$\begin{aligned} v_1 &= at_1 = a\pi/3(\omega_1 + \omega_2), \\ s_1 &= at_1^2/2 = a\pi^2/18(\omega_1 + \omega_2)^2. \end{aligned} \quad (23)$$

На втором этапе система работает в режиме симметричного вибратора. Он имеет место при угле $0 - 5\pi/6$ и длится в течение времени $t_2 = 5\pi/6\omega_2$, где ω_2 - частота вращения грузов на втором этапе. Поскольку на втором этапе ускорение центра масс системы равно нулю, то скорость v_2 и пройденный путь s_2 центра масс вычисляются по формулам

$$\begin{aligned} v_2 &= a\pi/3(\omega_1 + \omega_2) = \text{const}, \\ s_2 &= v_2 t_2 = 5a\pi^2/18\omega_2(\omega_1 + \omega_2). \end{aligned} \quad (24)$$

На третьем этапе при угле $5\pi/6 - \pi$ система опять начинает работать в режиме самодействующего вибратора, при этом происходит замедление частоты вращения с ω_2 до ω_1 , а ускорение центра масс постоянно и отрицательно. Время третьего этапа вычисляется как $t_3 = \pi/6\omega = \pi/3(\omega_1 + \omega_2)$. Скорость в конце третьего этапа и пройденный путь вычисляются по формулам

$$\begin{aligned} v_3 &= v_2 - at_3 = 0, \\ s_3 &= v_2 t_3 - at_3^2/2 = a\pi^2/18(\omega_1 + \omega_2)^2. \end{aligned} \quad (25)$$

Четвертый этап соответствует режиму свободного вибратора. На этом этапе вращение грузов происходит с частотой ω_1 , поэтому время четвер-

того этапа рассчитывается по формуле $t_4 = 5\pi/6\omega_1$. Ускорение центра масс на четвертом этапе равно нулю. Кроме того, скорость центра масс $v_4 = 0$ и пройденный путь $s_4 = v_4 t_4 = 0$. Суммируя пройденные пути на всех четырех этапах, получим следующую формулу для пройденного пути за один период

$$s = \frac{a\pi^2(5\omega_1 + 7\omega_2)}{18\omega_2(\omega_1 + \omega_2)^2}. \quad (26)$$

В последующих периодах все четыре этапа повторяются снова.

Заключение. В обычной классической механике все механические системы обладают только взаимодействием [1], поскольку все внутренние силы системы в классической механике компенсируют друг друга. Обычно это связывают с однородностью и изотропностью пространства механики Ньютона, или, что одно и то же, с принципом инерции Галилея-Ньютона. Согласно этому принципу, ускоренное движение центра масс замкнутой системы может быть осуществлено только внешним воздействием.

Теоретическое обоснование ускоренного движения центра масс замкнутой системы за счет самодействия может быть найдено в рамках всеобщего принципа относительности [2], утверждающего относительность как поступательных, так и вращательных скоростей и ускорений. Такая относительность является следствием неоднородности и неизотропности пространства в механике ориентируемой точки [2]. В случае рассмотренной нами системы неоднородность и неизотропность пространства вызваны вращающимися элементами системы. Можно сказать, что движение массы M происходит в голономном пространстве x, y, z (уравнение движения (A)), а вращение масс m представляет собой движение в пространстве неголономных координат $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ (уравнение движения (B)). Одним словом, экспериментальное доказательство возможности движения центра масс замкнутой системы за счет самодействия заставит нас пересмотреть наши представления о пространстве нерелятивистской классической механики.

Л и т е р а т у р а

1. О л ь х о в с к и й И.И. Курс теоретической механики для физиков. М.: Наука, 1970. 325 с.
2. Ш и п о в Г.И. Механика ориентируемой точки и общий принцип инерции//Изв. вузов. Физика. 1985. № 3. С. 74-78.

Т.В. Дмитриевская, А.В. Лобусев, Г.В. Мартовский, С.Г. Рябухина

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВОГО
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В ПРИКАСПИЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЕ

С открытием крупных скоплений углеводородов в подсолевых отложениях Северного Прикаспия, таких, как Карачаганакское, Астраханское, Тенгизское, вновь приобрела актуальность проблема надежного прогнозирования глубинного строения этого региона. Острота проблемы надежности для Прикаспийской синеклизы объясняется не только большими глубинами залегания продуктивных толщ, но и влиянием солянокупольной тектоники, маскирующим геоструктуру подсолевых отложений. В этих условиях важно установить, насколько эффективность поисково-разведочных работ соответствует уровню геолого-геофизической изученности территории. Здесь большое значение имеет пространственное распределение источников прямой геологической информации, т.е. скважин, поскольку в конечном итоге именно данные бурения являются опорной базой нефтегазопрогноза.

Еще одним аспектом проблемы надежности является противоречие между плотностью геологической информации, которая с увеличением глубины разведки постоянно уменьшается, и требованием к повышению точности прогноза, так как стоимость ошибок при бурении глубоких скважин возрастает и в буквальном, и в переносном смысле. Единственный путь разрешения этого противоречия, который реализуется на практике, — усиление роли геофизических методов и комплексной интерпретации данных при проведении поисково-разведочных работ.

Цель наших исследований — оценить взаимозависимость между пространственным распределением глубоких скважин и надежностью нефтегазопрогноза, опирающегося на комплекс геолого-геофизических данных, и найти эффективные способы переработки информации, обеспечивающие эту надежность.

Критерием надежности прогноза избрана репрезентативность информации, связывающая ее содержание с равномерностью распределения источников. Этот критерий необходим для оценки кондиционности графических моделей геологических объектов, представляемых на картах, особенно в условиях возросшей роли геофизических данных при разработке глубинного прогноза.

В качестве объективного параметра репрезентативности испытана такая величина, как среднее расстояние между скважинами, определенное по принципу треугольников как элементарных ячеек двумерных моделей распределения источников информации. По определению, для вычисления параметра репрезентативности все скважины на исследуемой площади соединялись между собой прямыми линиями, образовавшими N треугольни-

ков. В каждом треугольнике находилось среднее расстояние между скважинами r_i . Затем по N значениям r_i определялось математическое ожидание средних расстояний:

$$m_r = \sum_{i=1}^N \frac{\bar{r}_i}{N}. \quad (1)$$

Зная m_r и N , нетрудно найти примерную площадь, в пределах которой источники информации можно считать равномерно распределенными. Локальные объекты обычно характеризуются размерами вкост (X) и по простиранию (Y), т.е. их можно аппроксимировать прямоугольником. Тогда площадь прямоугольника определим как $S = XY$. Если при этом объект вытянут по простиранию, то площадь прямоугольника S , учитывая, что $Y = kX$, эквивалентна величине kX^2 . Представив, что площадь объекта, разбитая на N треугольников, состоит из $N/2$ прямоугольников (точнее, четырехугольников) с длиной меньшей стороны (X) примерно равной m_r , можно написать приближенное равенство

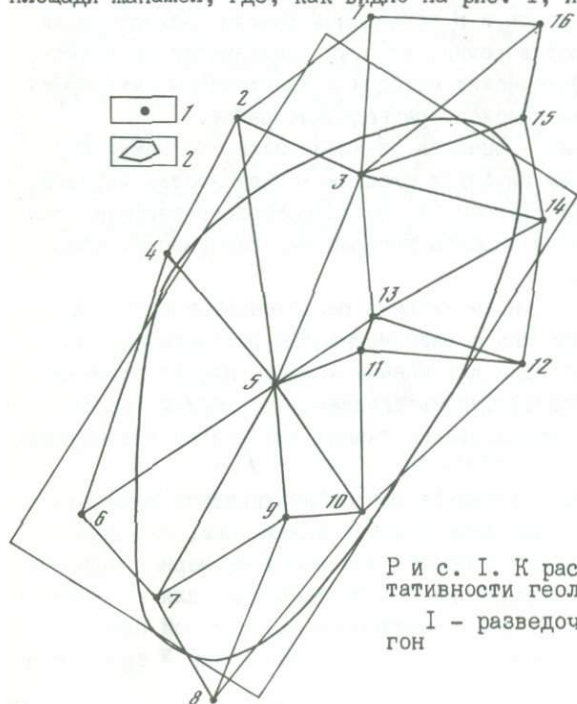
$$S = km_r^2 N/2. \quad (2)$$

В тех случаях, когда территория распределения источников информации может быть представлена треугольником, формула (2) приводится к еще более простому виду:

$$S = km_r^2 N. \quad (3)$$

Первое опробование параметра репрезентативности было проведено на площади Жанажол, где, как видно на рис. 1, источники информации распределены равномерно.

В соответствии с выбранной произвольно схемой соединения скважин получено 18 треугольников. Вычисленный по ним с использованием формулы (1) параметр репрезентативности составил 1,96 км, т.е. округленно 2 км. Площадь прямоугольника, согласно формуле (2), при $k = 2$ равна 72 км^2 .



Р и с. 1. К расчету параметра репрезентативности геологической информации

1 - разведочные скважины; 2 - полигон

О том, что математическое ожидание средних расстояний между скважинами характеризует одинаковую для всей определенной нами площади погрешность проведения границ зон с однородной по содержанию информацией, можно судить по хорошо вписанному в прямоугольник со сторонами $X = 6$ км, $Y = 12$ км контуру структуры, определенному по последней замкнутой изогипсе (см. рис. 1). Нетрудно убедиться, что произведение указанных размеров сторон прямоугольника при соотношении размеров структуры $Y/X = 2$ в точности равно его площади. Этот прямоугольник определяет собой репрезентативную область, в пределах которой параметр репрезентативности обеспечивает одинаковую погрешность в проведении границ на любых картах, дающих представление о свойствах геологических объектов. Распределенные же в данной области источники информации могут служить базой для выработки поискового прогноза по всей совокупности геолого-геофизических материалов.

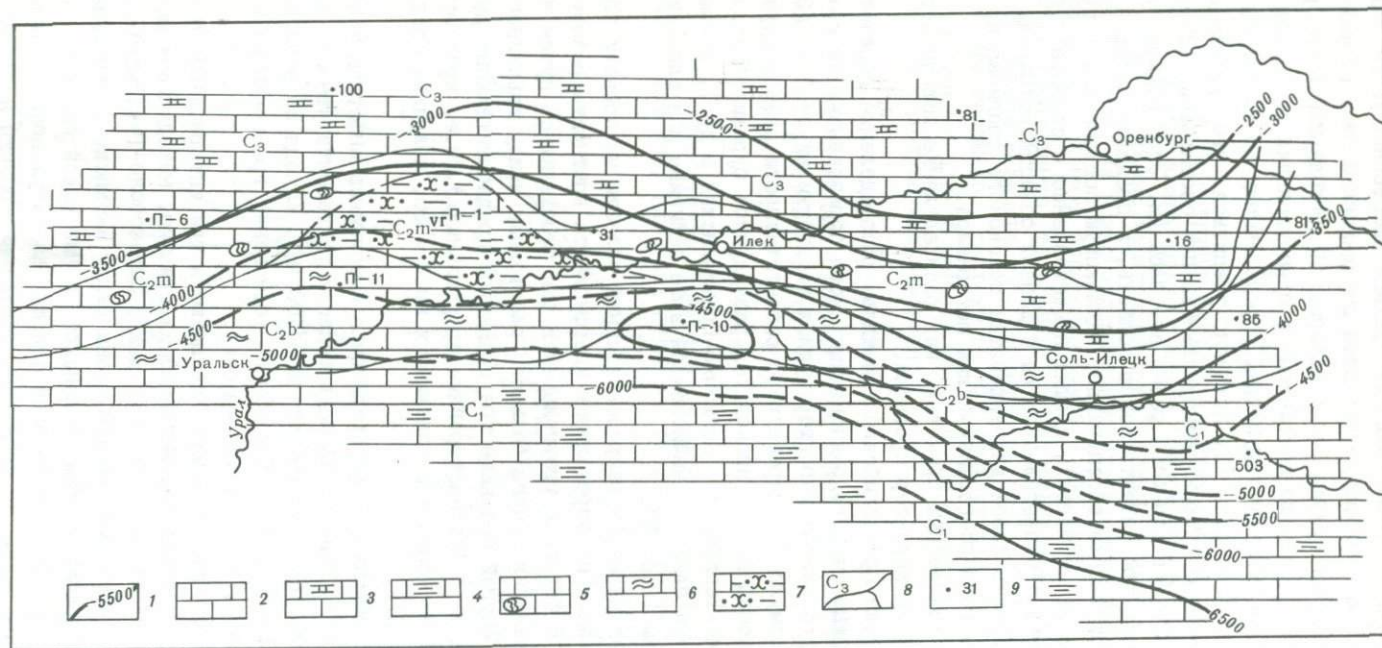
Рассмотрим на конкретных примерах, как распределение источников информации влияет на характер прогноза.

На северо-востоке Прикаспийской синеклизы распределение параметрических скважин можно считать равномерным, хотя образованные по 23 скважинам 26 треугольников характеризуются расстояниями от 2 до 53 км. Вычисленный по формуле (1) параметр репрезентативности оказался равным 21 км. Для площадей, где проводится разведочное бурение (Карачаганакская, Западно-Тепловская, Восточно-Гремячинская и др.), значение этого параметра близко к вычисленной выше величине для площади Жанажол, т.е. 2 км (рис. 2).

Для определения размеров репрезентативной области мы провели специальные исследования по определению коэффициента кратности размеров треугольников k . В половине треугольников они определились путем непосредственного деления самого большого расстояния между скважинами на наименьшее. В другой половине треугольников предпочтительных расстояний не наблюдалось (равносторонние треугольники), т.е. кратность $k = 1$. Сложив все значения k и поделив их на $N = 26$, получили среднюю кратность, равную 3.

Ввиду того что территория распределения источников информации аппроксимируется треугольником, площадь области репрезентативности определена по формуле (3). Она составила 34400 км². Исходя из этой величины размеры области равны: $X = 150$ км (основание треугольника расположено на востоке), $Y = 450$ км (высота).

В репрезентативном треугольнике наблюдаются три интерполяционные зоны, т.е. зоны отсутствия параметрических скважин, находящиеся между разбуриваемыми площадями. Это зона между Цыгановско-Тепловским и Карачаганакским скоплениями скважин, зона между Аксайско-Карачаганакским скоплением и скважинами Кобландинской и Чиликской площадей, а также зона между последними и группой скважин на Нагумановской площади. Интерполяционные зоны, по существу, определяют районы нефтегазопоискового прогнозирования.



Р и с. 2. Геолого-структурная схема допермской поверхности северо-восточной части Прикаспийской впадины

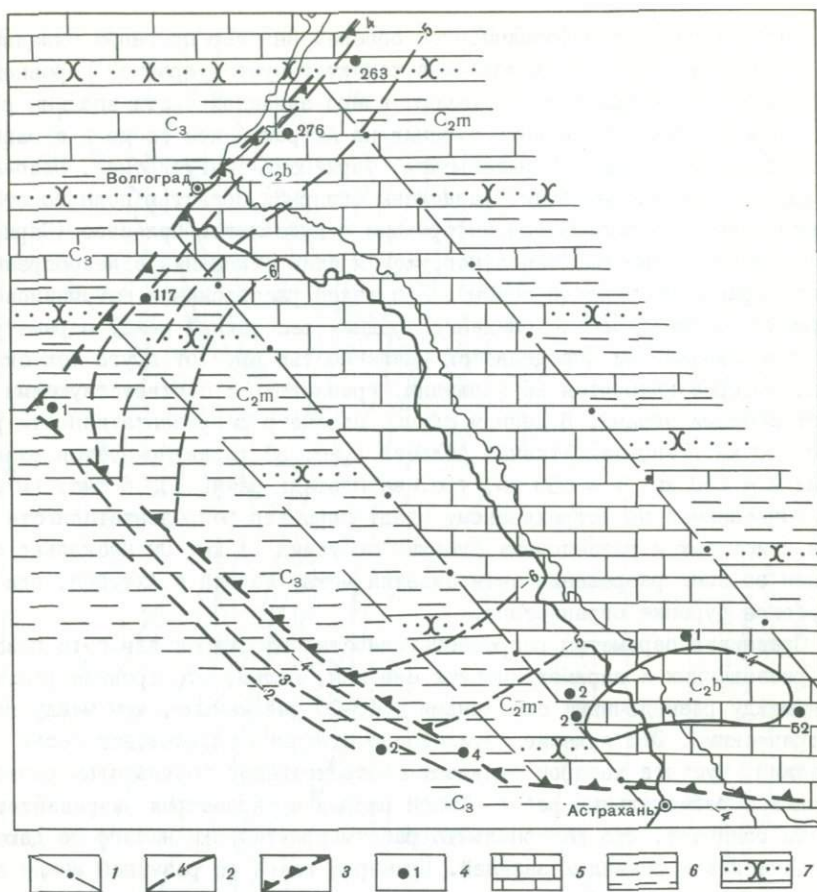
I - изогипсы подошвы нижнепермских отложений; 2 - известняки; 3 - известняки с прослоями доломита; 4 - известняки с примесью терригенного материала; 5 - известняки органогенно-детритовые; 6 - известняки водорослевые; 7 - терригенные отложения верейского горизонта C₂; 8 - геологические границы разновозрастных каменноугольных отложений; 9 - номера глубоких скважин

Иная ситуация с информационной обеспеченностью прогноза складывается в районах, где сеть источников характеризуется крайней неравномерностью их распределения. Например, в юго-западной части впадины района сосредоточения глубокого бурения на Астраханском своде и в западной прибортовой зоне (Карасальская, Сарпинско-Тингутинская, Ново-Никольская и другие площади) разделены обширной областью полного отсутствия прямой геологической информации о подсоловом палеозое (Сарпинский прогиб, зона глубокого погружения этих отложений в левобережной части Волго-Ахтубинской поймы). При таком расположении источников информации математическое ожидание средних расстояний между параметрическими скважинами определяется удаленностью друг от друга тех скважин, которые находятся на площадях, граничащих с соответствующими погруженными зонами. В данном случае параметр репрезентативности равен 190 км. Репрезентативная область (рис. 3) характеризуется размерами $X = 250$ км, $Y = 530$ км, т.е. ее площадь равна 133,6 тыс. км².

Вычисленный по Астраханскому своду параметр репрезентативности для поисковых и разведочных скважин составил 11 км. Он несколько завышен за счет разрежения сети скважин между Волгой и Ахтубой, где глубокое бурение ограничено.

Сравнивая параметры репрезентативности информации для сети поисково-разведочных и параметрических скважин, видим, что средние расстояния между разведочными скважинами в 10–20 раз меньше, чем между параметрическими. Это явление обусловлено стихийно сложившейся сетью скважин, густота которой отвечает соответственно результатам разведочных и региональных работ. Такой разрыв в параметрах репрезентативности означает, что региональные работы практически ничего не дают для поисков и разведки залежей. Примерно такой же разницей между региональными и площадными работами характеризуется сеть профилей в сейсморазведке. При региональных съемках расстояния между профилями составляют 10–15 км в прибортовых зонах, до 25–50 км во внутренних районах. Профили площадных работ проводятся в основном через 1–2 км, детализационные – через 0,5 км. Из приведенных цифр видно, что данные региональной геофизики так же слабо связаны с площадными работами, как и геологическая информация в скважинах параметрического и поискового бурения.

Информация о свойствах геологических объектов, которую дают геофизические методы, всегда опосредована теми неоднородностями физических параметров среды, которые создают соответствующие методу поля. Косвенный характер информации компенсируется возможностью непрерывного прослеживания геофизических полей, в частности отраженных волн в сейсморазведке, на больших территориях. Это позволило нам создать информационную базу для нефтегазопрогнозного прогнозирования, где геофизические методы опираются на прямые данные бурения. Комплексная обработка геолого-геофизических материалов дала возможность построить



Р и с. 3. Геолого-структурная схема допермской поверхности юго-западной части Прикаспийской впадины

1 - геологические границы; 2 - изогипсы по кровле карбона;
 3 - бортовой уступ; 4 - номера глубоких скважин; 5 - известняки;
 6 - глины, аргиллиты; 7 - песчаники, алевролиты

геотектоническую модель строения подсолевых отложений в пределах репрезентативных областей на северо-востоке и юго-западе Прикаспийской синеклизы (см. рис. 2, 3), позволившую выделить основные нефтегазоносные комплексы и определить структурные формы, с которыми будут связаны здесь скопления углеводородов.

По характеру строения и размерам выделенных нами структурных элементов эти работы можно отнести к особой стадии изучения нефтегазоносных территорий, которую мы назвали субрегиональной. Эта стадия посредством комплексной интерпретации геолого-геофизических материалов связывает весь процесс поисков и разведки углеводородов в единую систему сбора и переработки информации о свойствах геологических объектов как природных резервуаров.

Комплекс методов субрегиональных исследований представлен тремя компонентами, каждый из которых, в свою очередь, состоит из методических приемов комплексной интерпретации материалов, направленных на решение конкретных геологических задач.

Основой первого компонента является метод сейсмоизохор, сущность и результативность которого раскрыты нами в ряде публикаций [1-3]. В результате его применения выделены положительные и отрицательные элементы рельефа кровли подсолевых отложений, расположенных в районах развития больших градиентов региональных наклонов пород подсолевого палеозоя.

Геологическое содержание выделенных элементов рельефа подсолевых отложений установлено путем применения методов геотектонического анализа (мощностей и фаций, перерывов и несогласий и др.), составляющих второй компонент комплекса метода субрегиональных исследований. Наиболее наглядными геофизическими моделями геотектоники исследуемых районов являются структурно-геологические карты поверхностей региональных размывов. В частности, для Прикаспийской синеклизы это поверхность разновозрастных отложений карбона. На представленных картах (см. рис. 2, 3) литофациальная характеристика и возраст отложений, выходящих на предпермскую поверхность, указывают на палеотектоническую обстановку этого района к началу пермской эпохи. Нанесенная на карту гипсометрия этой поверхности дает возможность оценить степень перестройки, которую претерпели во времени формирования допермские отложения.

Анализ этих карт показал, что структурные планы внутренних прибортовых зон после каменноугольного периода были кардинальным образом преобразованы вследствие интенсивных тектонических движений. На северо-востоке был разрушен палеосвод, на юго-западе - палеомегавал. На месте крупных положительных структур в результате их разрушения сформировались наложенные отрицательные структуры, разделенные относительно приподнятыми участками. Последние могут быть осложнены рифовыми массивами, сформировавшимися в ранней перми, когда главным образом происходила перестройка структурных планов. Эти сложные геоструктурные формирования могли служить местами скопления углеводородов, а кунгурский эвапоритовый комплекс являлся региональной крышкой. К таким формированиям относятся уже известные Карачаганакская и Кобландинская структуры, Астраханский свод, Карасальская моноклираль и выделенные нами Восточно-Уральское (Степное), Рожковско-Январцевское, Чинаревское поднятия, Нижневолжский палеовал с Владимировской и Шаджинской вершинами и др.

Геотектонические исследования позволили установить историю развития нефтегазоперспективных территорий и обосновать геологическое строение новых, не введенных в разведку объектов, установленных в результате применения метода сейсмоизохор. Тем самым удалось с большей надежностью выполнить локальный поисковый прогноз.

Геотектоническая модель в комплексе с методами исследований нефтегазоносности осадочного чехла позволяет выделить в нем и охарактеризовать природные резервуары, включая характеристики коллекторских свойств пород, пород-флюидоупоров и характер нефтегазонасыщения. Этот этап исследований и составляет третью компоненту субрегиональных исследований.

Выводы. I. Анализ репрезентативности фактического материала позволил обосновать необходимость проведения субрегиональных исследований как связующего звена в системе сбора и переработки геолого-геофизической информации, полученной на региональной и поисковой стадиях работ.

2. Опробованный нами комплекс методов субрегиональных исследований позволил получить новые данные о строении подсолевых отложений и обосновать перспективные направления по выявлению скоплений углеводородов в пределах репрезентативных областей на северо-востоке и юго-западе Прикаспийской синеклизы.

Л и т е р а т у р а

1. К а л а м к а р о в Л.В., Л о б у с е в А.В., М а р т о в с к и й Г.В., Т у м и л о в и ч Н.И. Система поисковых работ на газ в Прикаспийской мегасинеклизе//Тр. МИНХиГП им. И.М. Губкина. 1985. Вып. 189. С. 9-15.
2. Д м и т р и е в с к а я Т.В., К а л а м к а р о в Л.В., Л о б у с е в А.В. и др. Прогноз газоносных объектов в северо-восточной части Прикаспийской синеклизы на основе геотектонического моделирования//Науч.-техн. обзор. Сер. Геология и разведка газовых и газоконденсатных месторождений/ ВНИИЭгазпром. 1986. № 2.
3. К а л а м к а р о в Л.В., Л о б у с е в А.В., М а р т о в с к и й Г.В., Т у м и л о в и ч Н.И. Интерпретация данных сейсморазведки в комплексе с материалами глубокого бурения на северном борту Прикаспийской впадины//Нефтегазовая геология и геофизика. 1983. № 1. С. 11-13.
4. Л о б у с е в А.В., М а р т о в с к и й Г.В. Особенности палеозойского рифообразования в восточной части северного борта Прикаспийской впадины//Изв. вузов. Геология и разведка. 1984. № 7. С. 153-156.

УДК 55.006:001.51

Е.Г. Коваленко

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ГЕОЛОГИИ И ПЕРИОДИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Системный подход в научных исследованиях, в том числе в науках о Земле, так или иначе связан с составлением научно обоснованных классификаций. По утверждению С.С. Розовой, общепринятая теория класси-

фикации еще не создана [11]. Данное обстоятельство, на наш взгляд, связано с тем, что не выявлены наиболее общие принципы системного анализа и составления общих схем сущностных (логических, эволюционных, иерархических) классификаций.

В настоящей статье предпринимается попытка сформулировать общие принципы классификации на основе общего периодического закона, а также предлагается общая схема классификации. При этом мы исходим из того, что если существует единичный периодический закон (периодический закон Д.И. Менделеева), то должен существовать общий периодический закон. Поэтому вполне правомерно, что во всех областях знания научная мысль ищет подступы к систематике объектов на базе периодических законов. В частности, на основе периодического закона Д.И. Менделеева предпринята попытка выявить периодичность свойств и форм химических соединений. Иначе говоря, закону периодичности подчиняются не только атомы, но и молекулы. Так, Н.А. Морозов [см. 10] развивал идею о периодической системе "карбогидридов" (углеводородных радикалов). А.Н. Северцовым [12] открыта периодичность онтогенезов (индивидуальное развитие групп) в филогенезе (эволюции) животных организмов. К. Гладков [1] сформулировал периодический закон Солнечной системы. А.Г. Малыгин [9] составил периодическую карту метаболических путей. И.П. Селинов [14] показал периодичность β -устойчивых изотопов (конечных нуклидов). По мере развития производительных сил периодически изменяется способ общественного производства. Е.Г. Граждаников [2, 3] составил периодическую схему категорий материалистической диалектики. Категории в его триадной схеме расположены в порядке увеличения их иерархической значимости от низших к высшим. Двоичный принцип периодичности заложен и во всеобщем законе отрицания отрицания. Эти случаи, с одной стороны, подтверждают всеобщий характер периодичности, с другой - дают основание поставить вопрос о конкретизации закона отрицания отрицания в виде всеобщего периодического закона.

Общему периодическому закону должны соответствовать и общие периодические системы объектов материи, выраженные в виде классификационных периодических таблиц или диалектической классификационной спирали. Спиральная форма периодической системы на примере химических элементов впервые была представлена в 1888 г. Дж. Стоил [см. 10].

На основе обобщения формы периодической таблицы элементов Д.И. Менделеева, а также периодических изменений, выявленных в других областях, сделаем попытку составить общую матрицу периодичности любой системы. Периодичность свойств химических элементов Менделеева выражается с помощью вертикальных столбцов и горизонтальных рядов, вследствие чего каждый элемент занимает определенное место. Однако возникают вопросы: чем определяется число периодов? Сколько должно быть клеток в общей таблице? К ответу на эти вопросы подводит то, что таблица Менделеева содержит 7 периодов. Периодичность в системе химических эле-

ментов созвучна с периодичностью онтогенезов в филогенезе живого. Связь последних друг с другом, позволяющая составить табличную форму биосистем, определяется биогенетическим законом Геккеля-Мюллера: в онтогенезе организм кратко повторяет формы, свойства и стадии предшествующей эволюции (филогенеза). Обобщая этот закон, можно предположить, что и атом или другой объект с фиксируемой структурой и массой в своем индивидуальном развитии кратко повторяет элементы предшествующей эволюции.

А.Н. Северцов [12] дополняет закон Геккеля-Мюллера законом периодичности онтогенезов, что свидетельствует о наличии периодического закона живого. В этом свете возникает необходимость создания периодических систем живого как нового направления в биосистематике взамен отражения филогенетических и онтогенетических взаимоотношений в виде филогенетического древа. Наиболее общая периодическая система живых организмов получается, если разбить филогенез (горизонтальный ряд) на 4 периода и онтогенез (столбцы) на 4 стадии: 1) возникновение, 2) юность, 3) зрелость, 4) старость (деградация системы). В результате получается наиболее общая форма системы из 16 взаимосвязанных обобщенных элементов, последовательно переходящих друг в друга по мере увеличения количества наследственной информации. Такое обобщение допускается и для системы химических элементов. Например, по химической природе ряд (онтогенетическая сторона) элементов можно подразделить на 4 класса: 1) металлический, 2) промежуточный (металлоиды) восстановительный, 3) окислительный (оксиды), 4) инертный [8].

Рассматривая таблицу элементов, созданную Бором и Томсоном, замечаем возможность дальнейшего группирования периодов системы по 2. Каждый из них содержит одинаковое количество ($2i^2$) находящихся в них элементов. Получается следующая группировка двойных периодов: $I \rightarrow (II+III) \rightarrow (IV+V) \rightarrow (VI+VII)$. В результате обобщенная форма таблицы элементов также принимает размеры по количеству ячеек (4×4). Количество онтогенезов в системе химических элементов Д.И. Менделеева будет дополнено до восьми, если к ней в целях сохранения закона четности и непрерывности эволюционного процесса добавить базис или систему объектов всего предыдущего уровня природы – от фотонов до ядер. Таким образом, общая и полная система элементов должна состоять из 8 групп и 8 периодов и содержать 64 клетки. Однако при этом необходимо учесть, что первый ряд – неполный, вследствие чего мы получаем $7 \times 8 = 56$ клеток. Далее, если учесть переход свойств филогенеза на онтогенез, то и первый член онтогенезов будет также неполным. В результате таблица, дающая полную картину онтогенетического и филогенетического развития системы, будет содержать $7 \times 7 = 49$ клеток.

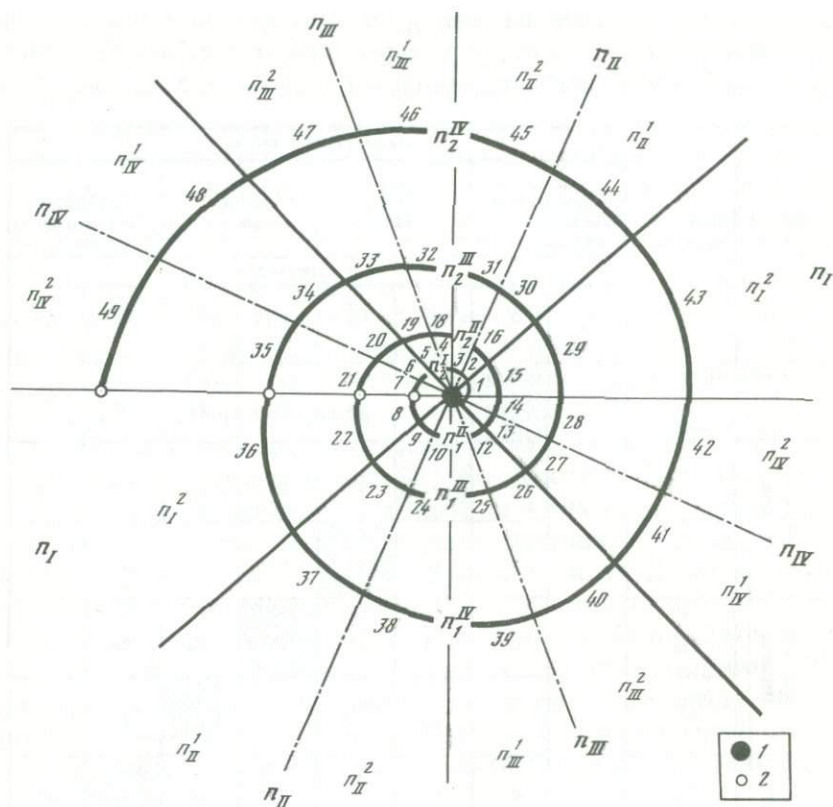
Таким образом, в зависимости от уровня обобщения количество клеток в таблице может меняться: $4 \times 4 = 16$, если выделяются лишь циклы

процесса; $4 \times 7 = 28$, если выделяются еще и стадии онтогенеза, и 7 периодов филогенеза; $7 \times 7 = 49$, если выделяются стадии. Наконец, 49×49 , если каждая клеточка рассматривается как система, и т.д. (рис. I, 2).

Периоды онтогенезов	Полу-периоды	Периоды филогенезов							
		n^I возникновение мелкие стабильные		n^{II} юность средние		n^{III} зрелость гиганты		n^{IV} деградация сверхгиганты нестабильные	
		полупериоды							
		n^I_1	n^I_2	n^{II}_1	n^{II}_2	n^{III}_1	n^{III}_2	n^{IV}_1	n^{IV}_2
стабильные n^I_1 возникновение	n^I_1		1	8	15	22	29	36	43
	n^I_2			9	16	23	30	37	44
n^{II} юность средние	n^{II}_1		2		17	24	31	38	45
	n^{II}_2		3	10		26	33	40	47
n^{III} зрелость гиганты	n^{III}_1		4	11	18		32	39	46
	n^{III}_2		5	12	19	26		40	47
n^{IV} деградация сверхгиганты	n^{IV}_1		6	13	20	27	34		48
	n^{IV}_2		7	14	21	28	35	42	

Р и с. I. Обобщенная табличная форма периодической системы (49 клеток). Заштрихован характерный объект соответствующего онтогенеза

Таким образом, в конечных жестких рамках таблицы возможно помещение бесконечного количества объектов. Как одну из характеристик систем следует отметить периодичность перехода устойчивых, стабильных форм к неустойчивым, нестабильным по мере квантованного (прерывного, целочисленного) возрастания масс объектов. Между объектами в клетках I-49 по мере увеличения масс от мелких и средних к гигантам и сверхгигантам наблюдается бесконечный, с периодическим повторением свойств, переход одних форм в другие. Например, в рамках галактической системы в периоде n^I сосредоточены наиболее устойчивые и распространенные объекты с полевой (фотонной) формой движения (с массой "покоя", стремящейся к нулю). В последнем периоде (n^{IV}) располагаются радиозвезды, в онтогенетическом прогрессивном развитии стремящиеся к объектам с "бесконечной" массой "покоя" (квазары, "черные дыры").



Р и с. 2. Спиральная форма периодической системы

I – базис системы; 2 – конец старых и начало новых периодов

Исходя из изложенного, предлагается следующая формулировка общего периодического закона, который исходит из менделеевского, но не сводится к нему: формы (например, полей, микрочастиц, молекул, планет, звезд, сверхзвезд, галактик и т.д.) и свойства объектов материального движения, а также формы и свойства их ассоциаций находятся в периодической зависимости от их масс (материальной концентрации в пространстве). В рамках общего закона имеют право на существование и частные законы, систематизирующие объекты в системе более низшего иерархического ранга.

На основе изложенного подхода могут быть составлены общая и частные системы живого (вирусов, бактерий, одноклеточных и многоклеточных организмов), формы и свойства которых находятся в периодической зависимости от "массы" (количества) наследственной информации (генов и связей в них). Периодические системы организмов позволяют

предугадывать свойства организмов, выпавших из геологической летописи, проверить ряд гипотез происхождения жизни на Земле, проследить превращение с периодическим повторением свойств неклеточных организмов в одно- и затем в многоклеточные.

По материалам О.К. Леонтьева [7] автором составлена периодическая таблица, отражающая систему берегов морей, а через нее и ловушек углеводородов, приуроченных к аккумулятивным формам рельефа прибрежного мелководья [5, 6]. В основе их систем лежит геоморфологический периодический закон: формы и свойства берегов морей находятся в периодической зависимости от масс рыхлых наносов, накапливающихся на береговом склоне. В системе морей имеется 7 периодов (онтогенезов) берегов, разделенных на 4 стадии (28 ячеек). Эволюция (филогенез) берегов разделена на 4 больших периода развития: А - начальный (денудационный), Б - абразионный, В - аккумулятивный, Г - биогермный; каждый из периодов в параметрическом ряду соответствует возникновению системы, ее юности, зрелости и старости. Переход от возникновения к юности, зрелости и старости характерен и для каждого онтогенеза типа берегов.

Показано также [4], что методика и планирование поисково-разведочного процесса, в том числе на нефть и газ, находятся в периодической зависимости от накопленной информации о строении недр. На этой основе предложена общая система поисков и разведки месторождений нефти и газа, где исходя из сущности ловушек углеводородов выделено 4 больших периода - предварительный, структурный, палеогеоморфологический, гидродинамический - и 7 полупериодов. Разработана система структурного периода нефтяной геологии [5]. Все это доказывает, что составление частных периодических систем и их обобщение - одно из перспективных направлений системного подхода в геологии и в прогнозировании геологических исследований. Прогресс в области прогнозирования может быть связан с составлением прогнозных периодических систем взамен представления совокупности методов прогнозирования и средств их реализации в виде "древа целей". Каждый элемент таких систем отражает объект или систему объектов прогнозирования, отличающиеся в параметрических рядах количеством информации. Более общая прогнозная система в этих случаях выступает в виде прогнозного фона. Задачи прогнозирования в подобных системах специфичны из-за различного количества информации каждого из 4 больших периодов филогенеза научных исследований и опытно-конструкторских разработок: 1) фундаментальные исследования (формирование и оценка научных направлений и проблем); 2) поисковые исследования (формирование целей и задач по направлениям); 3) прикладные исследования (оценка возможности использования определенных принципов и законов при создании новой техники и технологии, например, геологоразведочных работ); 4) опытно-конструкторские работы. Онтогенетический параметрический ряд каждого из периодов

Стадия индивидуального развития (морфоонтогенез)	Исторические периоды эволюции			
	А Начальный		Б Абразионный	
	Система берегов предшествующего геоморфологического уровня	I Денудационный	II Абразионный	III Абразионно-аккумулятивный
<u>1. Возникновение</u> Ингрессионные берега. Первично ровные, первично расчлененные, реликты форм, созданных ранее	Историческое развитие берегов водных бассейнов меньшего порядка (внутренних морей, озер и т.д.) Базис	1. Первично ровные 2. Ингрессионные Береговой склон развивается под действием субаэриальных факторов	1. Ингрессионные	1. Ингрессионные с примкнувшими аккумулятивными формами в вершинах бухт
<u>2. Юность</u> Вторично расчлененные берега. Развертывание множества возможностей, тенденций изменения берега, усложнение внутренних и внешних связей, структур и форм			1. Вторично расчлененные наряду с первичной изрезанностью 2. Зубчатые 3. Абразионно-бухтовые	2. Ингрессионные со свободными и замыкающими формами 3. Бухтовые вторично расчлененные с аккумулятивной формой
<u>3. Зрелость</u> Выровненные берега. Простое необратимое изменение со значительным усложнением береговых форм			4. Выровненные	4. Выровненные сложные Чередование абразионных и аккумулятивных (примкнувших и замыкающих) форм
<u>4. Отмирание</u> Деградирующие берега			5. Отмершие, окаймленные береговой террасой	5. Выровненные сложные с отмершими клифами
Генетические подтипы по О.К. Леонтьеву [7]			3а, 4а, 5а - осушные (ваттовые), 3б, 4б, 5б - термоабразионные	1а, 2а, 3а, 4а, 5а - осушные, 5б - термоабразионные

(морфофилогенеза берегов)				Морфофилогенез последующего геоморфологического уровня (генетические типы побережий)
В Аккумулятивный		Г Биогермный		
IV Аккумулятивный талассогенный	У Аккумулятивный (приморских аллювиальных равнин, дельтовый)	VI Терригенно-хемогенный (переходный к биогермным)	VII Биогермный (рифогенные берега, подобные абразионным и аккумулятивным)	
1. Ингрессионные	1. Ингрессионные (изменения базиса эрозии)	Берега, развитие которых контролируется накоплением масс тонкодисперсных терригенно-хемогенных и терригенно-биогермных осадков	Ингрессионные с примкнувшими биогермными постройками в вершинах бухт	А Денудационные, денудационно-абразионные Фиордовый, фиардовый шхерный типы
2. Ингрессионные с аккумулятивными островами (барями)	2. Дельтовые вторично расчлененные (берега клововидных лопастных и многорукавных дельт, дельты выполнения). Внешний край крупных дельтовых равнин		Расчлененные, со свободными замыкающими формами, биогермными островами	В Талассогенные (абразионные и абразионно-аккумулятивные) Долматский, риасовый типы
3. Окаймленные барями (лагунные) 4. Выровненные с примкнувшей аккумулятивной террасой	3. Дельтовые выровненные берега блокированных дельт 4. Дельтовые, окаймленные баром 5. Выровненные берега аллювиальных равнин		Выровненные сложные. Окаймленные биогермными (лагунные), барьерными рифами. Выровненные с примкнувшей аккумулятивной террасой	С Потамогенный (аккумулятивные) Аральский тип дельтовый, лиманные
5. Отмершие, размывающиеся	6. Размывающие берега дельт и аллювиальных равнин Стадия аккумулятивного берега		Выровненные сложные с отмершими клифами Отмершие, окаймленные береговой террасой	Д Биогермно-аккумулятивные, биогермные
1, 2, 3, 4, 5а - осушные, 5б - термоабразионные	2а, 3б, 4б, 5б, 6а - осушные, 6б - термоабразионные	Ваттовые		

прогнозных систем близок по характеру и стадиям к известному онтогенезу общей системы поисково-разведочных работ: региональные, рекогносцировочные, поисковые, разведочные.

Следует ожидать, что внедрение расширенных систематик, обоснованных периодическими законами, в геологические и поисково-разведочные исследования, в их планирование и прогнозирование на различных уровнях приведет к повышению их эффективности, совершенствованию научных исследований, улучшению организации геологоразведочных работ на различные полезные ископаемые, в том числе на нефть и газ.,

Л и т е р а т у р а

1. Г л а д к о в К. Периодический закон Солнечной системы//Техника - молодежи. 1969. № 7.
2. Г р а ж д а н н и к о в Е.Г. Анализ тенденций и прогнозирование научно-технического прогресса. Киев: Наук. думка, 1967. 338 с.
3. Г р а ж д а н н и к о в Е.Г. Метод систематизации философских категорий. Новосибирск: Наука, 1985. 137 с.
4. К о в а л е н к о Е.Г. О направленности геологоразведочных работ на нефть и газ//Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений. М.: ИГиРГИ, 1972. С. 178-188.
5. К о в а л е н к о Е.Г. О некоторых общих закономерностях формирования и строения литологических ловушек углеводородов, связанных с прибрежным мелководьем//Закономерности формирования и размещения нефтяных и газовых месторождений. М.: ИГиРГИ, 1974. С. 49-56.
6. К о в а л е н к о Е.Г. Классификация ловушек углеводородов, связанных с древними береговыми линиями и аккумулятивными формами рельефа палеобассейнов//Новые направления поиска месторождений нефти и газа. М.: Наука, 1976. С. 91-98.
7. Л е о н т ь е в О.К. Основы геоморфологии морских берегов. М.: Изд-во МГУ, 1961. 212 с.
8. Л у ч и н с к и й Г.П., Т р и ф о н о в Д.Н. Некоторые проблемы классификации химических элементов и структура периодической системы//Учение о периодичности: История и современность. М.: Наука, 1981. С. 200-220.
9. М а л ы г и н А.Г. Карта метаболических путей (периодическая). М.: Наука, 1976.
10. П е т р о в Л.П. Прогнозирование и размещение инертных элементов в периодической системе//Учение о периодичности: История и современность. М.: Наука, 1981. С. 37-78.
11. Р о з о в а С.С. Классификационная проблема в современной науке. Новосибирск: Наука, 1980. 222 с.
12. С е в е р ц о в А.Н. О соотношении между онтогенезом и филогенезом животных//Собр. соч. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. Т. 5: Морфологические законы эволюции.

13. Трифонов Д.Н. Предисловие редактора//Учение о периодичности: История и современность. М.: Наука, 1981. С. 3-18.
14. Селинов И.П. Периодическая система изотопов. М., 1962.

УДК 550.814.1:553.98

В.А. Крембилов, Н.Д. Павлов

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННОЙ И ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ ПРИ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ РАБОТАХ
В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

Основные направления экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года предусматривают развитие и повышение эффективности использования аэровысотных и космических средств изучения Земли и ее недр. С этой целью созданы и развиваются системы получения аэрокосмических данных. Они в состоянии обеспечить различные отрасли народного хозяйства качественными информационными материалами. Однако использование дистанционной информации при поисках и разведке залежей углеводородов носит пока случайный, нерегулярный характер. Причина кроется в отсутствии общепринятой методики комплексной обработки дистанционной информации для решения практических нефтегазопроисследовательских задач. Научные исследования с применением аэрокосмических данных, большей частью региональные, используются в основном для теоретического обоснования поисков нефти и газа в тех или иных регионах, но слабо связаны с производственной деятельностью геолого-геофизических предприятий по выявлению конкретных структур.

В процессе исследований, выполненных авторами, была создана научно-производственная система для наиболее эффективного использования аэрокосмической информации при детальном геофизическом исследовании. В рамках системы наука-производство стало возможным достижение цели работы - научно-производственного комплексирования дистанционной и геолого-геофизической информации, повысившего достоверность полученных данных и их актуальность.

Опытно-методические работы по комплексированию аэрокосмических и традиционных геолого-геофизических методов на основе системного подхода были выполнены в 1983-1986 гг. в юго-восточной части Прикаспийской впадины. Выбор территории работ обусловлен тем, что она относится к одному из первоочередных объектов исследований, где прежде всего необходимо ускорить выявление и разведку новых месторождений нефти и газа. В качестве эталонного был избран участок Тенгиз, в пределах которого расположена одноименная крупнейшая подсоловая структура с промышленными запасами углеводородов. Данный район достаточно хорошо изучен традиционными геолого-геофизическими методами и может служить

эталонном для выявления аналогичных структур на окружающей его труднодоступной территории (заповедное мелководье Каспия на западе, соры – на востоке). Кроме того, территория Тенгиза отличается разнообразием ландшафтных комплексов, присущих всей Прикаспийской впадине, и доступна при аэрокосмических и наземных исследованиях.

Наиболее информативными по участку Тенгиз к началу работ являлись геофизические данные. Сейсморазведочные материалы, подтвержденные первыми глубокими скважинами Тенгиза, служили, как самые достоверные, фундаментом комплексных исследований.

Аэрокосмические материалы – принципиально новый вид информации, который в закодированном виде содержит сведения о глубинном строении исследуемого района. Задача исследователя при комплексировании детальных аэрокосмических и геолого-геофизических работ – проанализировать всю информацию о ландшафте, которую несет дистанционный материал, и выявить на эталонном участке ландшафтные индикаторы, тесно связанные с глубинной геологической структурой. Решение задачи картирования индикаторов на эталонном участке предполагает распознавание в них системы, отождествляемой с системой дизъюнктивных либо пликтивных дислокаций на определенной глубине. Картирование выявленных индикаторов глубинного строения, иначе говоря, структурное дешифрирование дистанционной информации на территории, примыкающей к эталонному участку, позволяет получить качественно новую информацию о глубинном строении участков, не исследованных традиционными методами. Практическая деятельность геофизических предприятий может быть направлена на проверку выявленных комплексированием поисковых объектов или перспективных зон нефтегазонакопления. Опыт совместной обработки дистанционных и геолого-геофизических данных показывает, что аэрокосмические материалы позволяют не только изучать новые районы, но и дополнять геофизическую информацию в отношении существования зон разрывных нарушений.

Работы, выполненные в рамках научно-производственного содружества МИНГ, ЦГЭ и геофизических трестов на территории юго-восточной части Прикаспийской впадины, основывались на принципах системного подхода к комплексированию дистанционной и геолого-геофизической информации и включали в себя:

- получение аэрокосмической информации с различных носителей в нескольких зонах спектра при разных природных условиях съемок;

- сбор и обобщение имеющихся геолого-геофизических данных по юго-востоку Прикаспия;

- комплексную обработку геологических, новейших геофизических, геохимических и аэрокосмических данных;

- полевую проверку полученных результатов в аэровизуальных, аэроде-сантных и наземных маршрутах;

- выработку рекомендаций на проведение геофизических исследований по интересующим поисковым объектам;

проверку результатов структурного дешифрирования новейшими сейсмо-разведочными и другими геолого-геофизическими исследованиями и в случае надобности – комплексную переинтерпретацию материалов дистанционного зондирования.

Предварительное структурное дешифрирование дистанционных материалов с использованием геолого-геофизической информации в 1983 г. позволило выявить на исследуемой территории системы линейно ориентированных ландшафтных индикаторов (линеаментов), закономерно расположенных и организованных. Было установлено, что зоны линеаментов северо-западного простирания, наиболее четко выраженные в ландшафте, как бы пересекают зоны линеаментов северо-восточного и субмеридионального простираний. Анализ полученных данных свидетельствовал о предположительном соответствии этих образований региональным линейным, тектонически активным зонам в подсоловых отложениях. Возникло предположение о структурообразующей роли этих зон для формирования Тенгизской структуры. Системы линеаментов и структурных линий (дугообразных зон ландшафтных индикаторов, предположительно соответствующих пликативным дислокациям подсолового плана) были прослежены на запад и северо-запад от Тенгизской структуры в значительной части мелководного Каспия, что позволило выявить на этой территории ряд интересных для геофизиков поисковых объектов – Островную, Морскую и другие аномалии [1, 3].

Тенгизское нефтеносное поднятие, закартированное впервые сейсмо-разведкой, расположено в юго-восточной прибортовой зоне Прикаспийской впадины и представляет собой высокоамплитудную (около 1000 м) крупную (18x26 км) подсоловую тектоно-седиментационную структуру, приуроченную к мощной толще (до 4 км) карбонатных отложений девона и карбона. Нефтеносными коллекторами, как показал развернутый здесь "ковер" разведочного бурения, являются трещиноватые, кавернозно-трещиноватые органогенно-обломочные и органогенные известняки среднего и нижнего карбона. На них с большим угловым и стратиграфическим несогласием ложатся глинисто-карбонатные отложения верхнеартинского возраста.

В настоящее время широко осуществляется комплексирование бурения с площадной сейсморазведкой МОГТ. Последняя проводится в сочетании с ее объемной модификацией по методике прогнозирования геологического разреза (ПГР) в соответствии с многоцелевой программой научно-исследовательских работ по методическому обеспечению разведочного бурения. В результате этих работ удалось прогнозировать внутреннее строение и литолого-фациальные особенности подсоловых отложений Тенгизской структуры, глубинная сейсмофациальная модель которой определяется в целом ее полукольцевой рифогенной палеоатолловой природой [2, 5, 6] в отличие от ранее существовавшей модели сплошного рифогенного массива без центральной лагуны [8]. По своему структурному положению данный палеоатолл на глубинах 7,5–8 км (уровень терригенного девона по сейсмическому отражающему горизонту Π_3) соответствуют крупной изометрической тектонической структуре, имеющей, по-видимому, самостоятельный

поисковый интерес. Данное образование, вероятно, имеет штамповую природу от крупного блока фундамента, поверхность которого прогнозируется здесь на глубинах 13–14 км [4]. Указанное предположение базируется на трассировании разломных зон по апробированным бурением сейсмическим критериям. По последним были прогнозированы зоны глубинных разломов, в частности по подсолевым отложениям в Западном Прикаспии. Их существование в последующем было подтверждено бурением, что позволяет предполагать зоны разломов на юго-востоке Прикаспия также считать реально существующими.

По результатам анализа этих сейсмических признаков и комплексирования их с дистанционными материалами Тенгизская структура, по-видимому, расположена на крупном тектоническом блоке, ограниченном зонами разломов северо-западного и северо-восточного простираний. В ряде случаев наличие раздробленных зон подтверждается данными бурения. Так, из скв. 2, расположенной вблизи юго-западного ограничивающего разлома, был поднят керн тектонической брекчии; такими же признаками обладает каменный материал из скв. 38, находящейся в зоне северо-восточного дизъюнктива; керн с вертикальной слоистостью был извлечен из скв. 43, размещенной недалеко от северо-западного предполагаемого тектонического разрушения. Кроме того, о существовании зон интенсивной трещиноватости и, следовательно, проницаемости также свидетельствуют намечаемые полосы наибольших дебитов нефти [1].

Неотектоническое проявление зон глубинных разломов наряду с влиянием физических полей глубинной структуры фиксируется в ландшафтных индикаторах – линейных элементах на космических снимках и свидетельствует о "сквозном" развитии этих зон и о влиянии их на строение всего осадочного чехла.

Интенсивная геодинамическая жизнь Тенгизской структуры прежде всего определяется ее расположением в зоне влияния серий неотектонически активных глубинных разломов юго-восточной бортовой зоны Прикаспийской впадины, в частности Южно-Эмбенского и секущего его Мангышлакского с субмеридиональным простиранием. Последний, по некоторым сведениям [4], проходит в нескольких километрах западнее Тенгизской структуры. Весьма интересными представляются выявленные по результатам комплексной обработки дистанционной и геолого-геофизической информации поисковые объекты к западу от Тенгизской структуры – Островная, Морская и другие аномалии. При проверке первой из них региональным сейсмопрофилем 028604–018401–018402, достигшим восточной части аномалии, по стратиграфическому горизонту Π_1 установлен подъем с амплитудой 500–600 м, что может свидетельствовать о возможном существовании крупной (14x24 км) структуры по подсолевым отложениям. Аналогичные аномалии, природа которых также связана с деформацией подсолевых отложений, прослеживаются в мелководной части Каспия.

Следовательно, в оптимистическом варианте комплексной интерпретации в шельфовой части Каспийского моря могут существовать морские аналоги Тенгизского месторождения, требующие проверки морской сейсморазведкой.

Таким образом, системный подход к комплексной интерпретации геолого-геофизических и дистанционных данных позволяет воссоздать наиболее аргументированную геолого-геофизическую модель глубинного и приповерхностного строения эталонного участка Тенгиз, а также прогнозировать в шельфовой, практически не изученной традиционными методами части юго-востока Прикаспийской впадины крупные структуры по подсольевым отложениям и, следовательно, более обоснованно направить поисково-разведочные работы в районе Приморско-Тенгизской зоны Прикаспийской впадины.

Л и т е р а т у р а

1. А б д у л л и н Т.В., К р е м б и л о в В.А. Системный подход к обработке аэрокосмических и геолого-геофизических данных при поисках, разведке, разработке и эксплуатации залежей углеводородов //Системный подход в геологии: Тез. докл. II Всесоюз. конф. М.: Б.и., 1986. Т. 3. С. 617-618.
2. Г о г о н е н к о в Г.Н., П а в л о в Н.Д. и др. Современные возможности сейсморазведки в изучении строения и нефтегазоносности карбонатной формации Карбонатные отложения - объект целенаправленных поисков углеводородов. М.: ИГиРГИ, 1984. С. 93-99.
3. Г р и д и н В.И., К р е м б и л о в В.А. Использование дистанционной информации для нефтегазописковых работ в северо-восточной части Каспийского моря//Комплексное освоение нефтегазовых ресурсов континентального шельфа СССР: Тез. докл. на II Всесоюз. конф. М.: МНГ, 1986. Ч. I. С. 146-147.
4. К а п у с т и н И.Н., К и р ю х и н Л.Г. и др. Тектоническая карта Прикаспийской впадины масштаба 1:1000000: (Объяснительная записка). М., 1982. 42 с.
5. К р е м б и л о в В.А., П а в л о в Н.Д. Системный подход к комплексной интерпретации дистанционных и геофизических данных на примере "участка опытных работ Тенгиз"//Системный подход в геологии: Тез. докл. II Всесоюз. конф. М.: Б.и., 1986. Т. 3. С. 632-634.
6. П а в л о в Н.Д., Г о г о н е н к о в Г.Н. и др. Прогнозирование Тенгизского рифогенного атолла по материалам комплексной сейсмофациальной разведки//Разработка методов определения вещественного состава геологического разреза по данным сейсморазведки и геофизических исследований скважин. М.: ВНИИОЭНГ, 1985. С. 120-124.
7. П а в л о в Н.Д. Солянокупольные структуры Западного Прикаспия и механизм их формирования: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М., 1983. 18 с.

8. Ш е б а л д и н В.П., Г у т е р м а х Ф.Б. и др. Прогнозирование геологического разреза на массиве Тенгиз//Экспресс-информ. Сер. Нефтегазовая геология и геофизика: (Отеч. опыт) /ВНИОЭНГ. 1986. С. 5-9.

УДК 55:001.1

Ю.А. Судариков

СИСТЕМЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛ И КАТЕГОРИЙ

Нефтегазогеологическая система рассматривается как часть природной геологической системы. Выделение таких систем, их иерархическое ранжирование сталкиваются с трудностями из-за того, что сама проблема геологических тел, входящих в эти системы, еще не имеет единодушно принятого решения. Одни исследователи признают существование естественных геологических тел, считают их объективной реальностью, материальными образованиями. Другие в противовес этому естественному подходу выдвигают "целевой подход", при котором геологические тела рассматриваются ими как субъективные понятия. «В соответствии с последним в природе не существует естественных геологических тел. Тела выбирает сам исследователь, причем их объем и содержание определяются только целями и задачами исследования. Границы этих тел, определяемые фиксированным списком свойств, поддаются формальному описанию, что невозможно для границ «естественных тел»» [5, с. 80]. "Целевой подход" признается прагматическим, обслуживающим практические нужды (поиски, разведка и добыча полезных ископаемых, строительство). Но и при таком указании "целевой подход" не имеет большого числа сторонников среди геологов. Их не убедила ссылка на фиксированный список свойств, по которым выделяются границы геологических тел. Список этот субъективен, его составляет исследователь, включая в него свойства и признаки, которые он считает существенными. В другом случае, особенно при развитии методик и средств расчленения разрезов, они могут быть совершенно иными, так как свойства геологического вещества, из которого состоят геологические тела, не могут быть исчерпаемы каким-либо самым подробным списком. Те признаки, которые сегодня не признаются существенными, завтра, при развитии методов исследования, становятся все более существенными, а ранее принимавшиеся за существенные могут утратить это значение.

Известна и третья концепция, авторы которой [5] рекомендуют считать правомерными оба эти подхода. "Не следует, конечно, - пишут они, - отрицать "естественный" подход, как это иногда делается [3], только потому, что не удалось сразу решить проблему естественных тел и их иерархии" [5, с. 81]. Они также признают, что "целевой" подход не по-

зволяет достигнуть цели науки – открытия фундаментальных законов природы, от которых полностью зависят прикладные разработки. "Целевой подход" в таком изложении явно ведет к разрыву науки и практики, фундаментальных и прикладных исследований. Сложность с выделением естественных геологических тел определяется во многом отсутствием историко-генетической классификации их геологических границ. Классификация, разработанная Ю.А. Косыгиным и его соавторами, не удовлетворяет потребностям науки и практики. Нами был предложен вариант естественной классификации геологических границ [7]. Все множество геологических границ разделено по их генезису на подмножества: седиментационные, денудационные, дизъюнктивные, инъективные (диапировые, контактно-магматические) границы [7]. Показано, что всякое геологическое тело все-сторонне ограничено или моногенетическими, или полигенетическими границами, образующими замкнутый объем. Например, скопление углеводородов может иметь границы различных подмножеств, сочетающихся с водонефтяным или водогазовым контактом. Могут быть и другие, еще более сложные системы. Таким образом, залежь нефти или газа является геологическим телом, элементарным в их иерархии.

Кроме естественных безусловных границ, принято выделять условные (договорные) границы. К числу последних относятся картографические границы, возникающие на геологических картах в результате пересечения двух граничных поверхностей, одна из которых условная. Условными границами являются те линии на картах, которые принимаются за разделы между антиклиналями и синклиналями, сводами и впадинами и т.д.

Естественные геологические тела, рассматриваемые как природные объекты, существующие независимо от субъекта и его желаний, являются системообразователями; существующие между ними связи и взаимодействия являются системными.

Формальный анализ, как считает А.Ф. Белоусов [2], – природоведческая разновидность системного анализа в геологии. Он охватывает все основные стороны системного подхода в этой отрасли естествознания. Вероятно, это определяется тем местом, которое принадлежит формациям и их рядам в иерархии геологических тел.

До сих пор рассматривались осадочные горнопородные геологические тела. Их вещественный состав имеет большое значение в формировании углеводородных скоплений – залежей нефти, газоконденсата и газа и более высоких нефтегазогеологических категорий. Однако в их образовании не менее важное значение принадлежит тектонике, ее трем сторонам: динамической, кинематической, изучаемой методами исторической геологии, и статической, или структурной. Тектоника через эти стороны не только влияет на генерацию, миграцию и распределение скоплений углеводородов по различным частям геологических тел, но и прямо предопределяет процесс осадкообразования и литогенеза, приводящий к образованию геологических тел разной формы и различных иерархических уровней. Поэтому тектонический фактор, особенно в его структурном проявлении, большин-

ством геологов признается основой нефтегазogeологической классификации и районирования. Надо отметить, что пликативные дислокации сами по себе не создают геологических тел, а являются лишь их формами. Одно и то же геологическое тело, например пласт, может иметь переходящие друг в друга антиклинальную и синклинальную формы, границы между которыми всегда условны.

Сопоставление между литолого-генетической и нефтегазовой иерархией было сделано А.Н. Дмитриевским [4]. Предлагаемый нами вариант параллелизации осадочных горнопородных геологических тел разных уровней с тектоническими и нефтегазogeологическими категориями (см. таблицу) во многом отличается от схемы А.Н. Дмитриевского прежде всего иерархией геологических тел. Покажем сопоставление между различного ранга естественными горнопородными геологическими телами, литостратиграфическими, флюидалными, тектоническими формами и нефтегазogeологическими категориями классификации и районирования. Категория – обобщающее понятие, отражающее наиболее общие и существенные стороны, свойства, признаки, связи и отношения предметов, явлений объективного мира, т.е. это абстракция.

Иерархия в системе геологических тел и связанных с ними категорий

Геологическое тело		Категория		
Осадочного происхождения	Нефтегазogeологическое	Литостратиграфическая	Тектоническая	Нефтегазogeологическая
Литосфера				
Стратисфера				Углеводородная свита
Ряд ископаемых, осадочный бассейн			Антеклиза, синеклиза, пояс передовых прогибов и др.	Нефтегазoносная провинция
Ископаемый осадочный бассейн	Ископаемый осадочный нефтегазoносный бассейн	Совокупность серий, толщ, свит	Свод, впадина, мегаантиклинорий, передовой прогиб и др.	Нефтегазoносная область
Формационный ряд	Нефтегазoносный формационный ряд			
Формация	Нефтегазoносная формация	Серия, толща, свита	Вал, антиклинорий, бортовые части прогибов и впадин	Зона нефтегазoнакопления, месторождения нефти и газа
Фация	Нефтегазoносная фация			
Элементарное тело: пачка, пласт	Покрышка, коллатор Залежь нефти, газа, конденсата	Пачка, пласт	Локальные ловушки антиклинального и других типов	Залежь нефти, газа, конденсата

Среди тектонических категорий в качестве элементарной названа локальная ловушка – обобщающее название, охватывающее и антиклинальные, и все другие типы ловушек; в образовании каждой из них участвует тектоника. В ряду нефтегазгеологических категорий в отличие от других имеется элементарное геологическое тело – залежь, которая и служит сочленением между иерархическим рядом этих категорий и иерархическим рядом геологических тел. Разработка иерархических систем геологических тел еще далека от своего завершения, и автор надеется, что предлагаемый им вариант может оказаться полезным в этом деле.

Л и т е р а т у р а

1. Бакиров А.А., Мальцева А.К. Литолого-фациальный и формационный анализ при поисках и разведке скоплений нефти и газа. М.: Недра, 1985. 160 с.
2. Белоусов А.Ф. Системный подход и некоторые методологические проблемы исследования геолого-геофизических формаций//Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск: Наука, 1979. С. 276–293.
3. Воронин Ю.А., Еганова И.А., Еганов Э.А. Анализ концепций уровней организации вещества в теоретической геологии: Препр. ВЦ СО АН СССР. Новосибирск, 1975. 32 с.
4. Дмитриевский А.Н. Системный литолого-генетический анализ нефтегазоносных осадочных бассейнов. М.: Недра, 1982. 232 с.
5. Забродин В.Ю., Кулындышев В.А., Соловьев В.А. Естественные тела и проблема объекта в геологии//Методические и философские проблемы геологии. Новосибирск: Наука, 1979. С. 77–91.
6. Мелюхин С.Т. Диалектика развития неорганической природы. М.: Госполитиздат, 1960. 244 с.
7. Судариков Ю.А. Нефтегазовые геосистемы//Системно-геологические исследования литосферы. М., 1985. С. 74–78.

С о д е р ж а н и е

А.Н. Д м и т р и е в с к и й. Особенности использования системного подхода в геологии	3
Ю.А. У р м а н ц е в. Общая теория систем (проблемно-теоретический очерк)	7
Л.Ф. Д е м е н т ь е в. Выделение систем в геологическом пространстве	26
Н.И. К а п у с т и н а, А.И. О ш е, И.П. Ш а р а п о в. Тонкость системного анализа и парадокс средней	34
Л.А. Б у р я к о в с к и й, И.С. Д ж а ф а р о в, Р.Д. Д ж е в а н ш и р. Методологические принципы и примеры решения системных задач нефтегазовой геологии и геофизики	39
Б.И. С м и р н о в. Конструирование геологических систем и классифицирование	49
Н.М. Ф р о л о в. Методология создания системы наук о Земле	54
Н.А. К р ы л о в, Ю.Н. Б а т у р и н, В.М. Р ы ж и к, М.Н. М о р о з о в а. Системный подход при геолого-экономических исследованиях неразведанных ресурсов нефти и прогнозировании крупности запасов нефтяных месторождений	63
В.И. Д е м и н, А.Э. К о н т о р о в и ч, О.С. К р а с н о в, Р.Т. М а м а х а т о в а. Системный подход как методологическая основа перспективного планирования геологоразведочных работ на нефть и газ в крупных регионах	70
И.С. Д е л и ц и н. Системный подход к изучению эволюции земной коры	75
Е.П. Л а р ч е н к о в, С.А. М о р о з, Б.А. С о к о л о в. Системный подход в изучении нефтегазоносных бассейнов	85

А.О. О г н е в, Л.П. Д м и т р и е в. Системный петрофизи- ческий анализ нефтегазоносных областей (постановка проблемы)	90
Г.Б. Б о к и й, И.В. Г и н з б у р г. Систематика в семей- стве пироксенов	95
А.Ф. Б е л о у с о в, В.О. К р а с а в ч и к о в. Обобщенная модель системы воспроизведения	108
О.К. К а д е т о в, А.И. К о л е с н и к о в, В.В. К р а в - ц о в. Геоинформатика и геокибернетика – два направления системных исследований Земли	115
И.А. В ы л ц а н, А.Ф. Б е ж е н ц е в. Опыт группировки методов исследования при системном анализе геологических разрезов	121
Ю.И. Б е л о ц е р к о в е ц. Эволюция осадочного слоя земной коры как физической системы	128
Е.В. К р а с н о в. Системный подход к палеонтологии и гео- хронологии	133
В.Г. К у з н е ц о в. Опыт системного подхода к нефтегео- логическому подразделению стратисферы	139
А.А.Ш е ш у к о в. О стратегической задаче космической нефтегазо- вой геологии	150
А.С. К о р е н ь к о в. Системный подход к геолого-геохими- ческим исследованиям	157
А.А. Г р а у с м а н, М.Г. Ч и с т я к о в. Геологическая модель – целевая информационная система	160
Н.Н.Т о м и л о в а, М.П. Ю р о в а. Использование системного подхода при изучении нетрадиционных коллекторов Якутии	167
В.В. С т е ф а н о в и ч. Основные положения и пути развития системных исследований по геолого-экономической оценке рудных месторождений	171
Ю.М. Щ е п о т ь е в, П.Я. Ш а б а р ш о в, Н.А. Р о з а н о - в а. Системный подход к выделению геолого-экономических районов и их комплексной оценке	175
С.В. Ф е д о р о в а, А.К. З а м а р е н о в, Л.В. Я н о ч - к и н а. Об использовании системного анализа при изучении литологических экранов верхневизейско-нижнебашкирского нефтегазоносного комплекса Прикаспийской впадины	181
Г.И. Ш и п о в. Система с самодействием	185

Т.В. Дмитриевская, А.В. Лобусев, Г.В. Мартовский, С.Г. Рябухина. Информационное обеспечение нефтегазопроискового прогнозирования в Прикаспийской синеклизе	191
Е.Г. Коваленко. Системный подход в геологии и периодические системы	198
В.А. Крембилов, Н.Д. Павлов. Комплексование дистанционной и геолого-геофизической информации при нефтегазопроисковых работах в юго-восточной части Прикаспийской впадины	207
Ю.А. Судариков. Системы геологических тел и категорий	212

C o n t e n t s

A.N. D m i t r i e v s k y. Special questions of using the system analysis approach in geology	3
Yu.A. U r m a n t s e v. General theory of system. (a problem-theoretical review for geologists and mineralogists	7
L.F. D e m e n t i e v. Distinguishing systems in geological space.....	26
N.I. K a p u s t i n a, A.I. O s h e e, I.P. S h a r a p o v. The fineness of system analysis and the paradox of the mean ...	34
L.A. B u r y a k o v s k y, I.S. D Ź a f a r o v, R.D. D Ź e v a n s h i r. Methodological principles and examples of solving system analysis problems in oil and gas geology and geophysics	39
B.I. S m i r n o v. Construction of geological systems and their classification	49
N.M. F r o l o v. Methodology of creating the system of the Earth sciences	54
N.A. K r y l o v, Yu.N. B a t u r i n, V.M. R y Ź i k, M.N. M o r o z o v a. The system analysis approach in geological-economical study of undiscovered oil resources and the prediction of oilfield largeness	63
V.I. D e m i n, A.E. K o n t o r o v i c h, O.S. K r a s n o v, R.T. M a m a h a t o v a. The system analysis approach as a methodological basis for longterm planning of oil and gas exploration in large regions	70
I.S. D e l i t s i n. The system analysis approach to the study of the Earth's crust evolution	75
E.P. L a r c h e n k o v, S.A. M o r o z, B.A. S o k o l o v. The system analysis approach in the investigation of oil gas bearing basins.....	85

A.O. O g n e v, I.P. Dmitriev. The system petrophysical analysis of oil-gasbearing regions (the problem setting)	90
G.B. B o k i y, I.V. G i n z b u r g. Systematics in the family of pyroxenes	95
A.F. B e l o u s s o v, V.O. K r a s a v c h i k o v. A generalized model of the reproducing system	108
O.K. K a d e t o v, A.I. K o l e s n i k o v, V.V. K r a v t s o v. Geoinformatics and geocybernetics - two directions of system analysis research of the Earth	115
I.A. V y l t s a n, A.F. B e ž e n t s e v. An experience of using a research methods grouping in the system analysis of geological sections	121
Yu.I. B e l o t s e r k o v e t s. The evolution of the Earth's crust sedimentary layer as a physical system	128
E.V. K r a s n o v. The system analysis approach to paleontology and geochronology	133
V.G. K u z n e t s o v. An experience of using the system analysis approach to the oil-geology subdivision of the stratisphere	139
A.A. S h e s h u k o v. On the strategic problem of the space oil-gas geology	150
A.S. K o r e n k o v. The system analysis approach to the geological-geochemical research	157
A.A. G r a u s s m a n, M.G. C h i s t y a k o v. A geological model - a task-oriented information system	160
N.N. T o m i l o v a, M.P. Y u r o v a. A study of unconventional Jakutskian collectors using the system analysis approach	167
V.V. S t e p h a n o v i c h. Basic principles and ways of system analysis research development for a geological-economical estimation of ore deposits	171
Yu.M. S c h e p o t i e v, P.Ya. S h a b a r s h o v, N.A. R o s a n o v a. The system analysis approach to distinguishing geological-economical regions and their complex estimation	175
S.V. F e d o r o v a, A.K. Z a m a r e n o v, L.V. Y a n o c h k i n a. On the use of system analysis in the study of lithological screens of the Pre-Caspian depression Upper-Vizeiskii-Later-Bashkirskii oil-gas-bearing complex	181
G.I. S h i p o v. A system with self-action	185

T.V. Dmitrievskaya, A.V. Lobusev, G.V. Martovsky, S.G. Ryabukhina. Information support of the oil and gas exploration forecasting in the Pre-Caspian syncline	191
E.G. Kovel'enko. The system analysis approach in geology and periodic systems	198
V.A. Krembilov, N.D. Pavlov. Complexification of the distant and geological-geophysical information in the oil and gas exploration in the south-east part of the Pre-Caspian depression	207
Yu.A. Sudarikov. Systems of geological bodies and of categories	212

Научное издание

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ГЕОЛОГИИ

Утверждено к печати Научным советом
по проблемам геологии и геохимии нефти и газа,
ордена Трудового Красного Знамени Институтом геологии
и разработки горючих ископаемых,
Московским институтом нефти и газа им. И.М. Губкина

Художник С.А.Резников
Художественный редактор И.Ю.Нестерова
Технический редактор Н.В.Вишневецкая

ИБ № 39828

Подписано к печати 27.02.89.Т-07464.Формат 60х90/16
Бумага офсетная №1. Печать офсетная
Усл.печ.л.14,0.Усл.кр.-отт.14,3.Уч.-изд.л.16,4
Тираж 850 экз.Тип.зак.1390.Цена 3р.30к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство "Наука"
117864 ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., д.90

Ордена Трудового Красного Знамени
1-я типография издательства "Наука"
199034, Ленинград В-34, 9-я линия, 12

В Издательстве "Наука" готовятся к выпуску книги:

Геологические основы создания Прикаспийского нефтегазодобывающего комплекса. 12 л.

В книге показана высокая перспективность подсолевого палеозоя для создания на его основе нефтегазодобывающего комплекса в Прикаспии в результате открытия Астраханского, Тенгизского, Карачаганакского, Жанажольского, Кенкиякского и других месторождений нефти, конденсата и газа. Необходимо выявить и разведать эти ресурсы, перевести их в промышленные категории по возможности с наименьшими затратами и максимальной экономической эффективностью.

Для геологов, геохимиков, геофизиков.

Формирование и нефтегазоносность доманикоидных формаций. 8 л.

В книге изложена новая методика выявления коллекторов в разрезе доманикоидных формаций — интереснейших нефтегазоносных объектов — с помощью промысловой геофизики, рассмотрены эффективные методы вскрытия пластов. С большой детальностью освещены вопросы, которым до настоящего времени не уделялось должного внимания: коллекторские свойства доманикоидных формаций с учетом роли тектонической трещиноватости в формировании емкостных и фильтрационных свойств пород и структуры пустотного пространства.

Для геологов, геофизиков, литологов, геохимиков, стратиграфов.

Шекстова И.А. Карбонатные формации Южного Приуралья (тектоника и нефтегазоносность). 8 л.

В книге дан сравнительный анализ тектоники, нефтегазоносности карбонатных формаций Южного Приуралья и карбонатных толщ Урало-Поволжья, складчатых областей США и Канады, других регионов. Выявлены и проинтерпретированы структурно-формационные неоднородности зон сочленения, дана классификация и детальная характеристика карбонатных формаций, обоснованы закономерности их распределения. На основе большого объема геологических данных о нефтегазоносности различных складчатых областей мира убедительно показано, что в краевых частях наиболее перспективны на нефть и газ карбонатные формации.

Для геологов, геофизиков, литологов, тектонистов.

Комплексные методы освоения ресурсов нефти и газа Урало-Поволжья. 10 л.

Книга посвящена практическим результатам и современным методам освоения ресурсов УВ, в ней рассмотрены также новые представления о строении Камско-Кинельской системы прогибов, рифогенных сооружений, погребенных структур, грабенообразных прогибов и т.д. С привлечением геофизических, сейсмогеологических, акустических, дистанционных методов составлены специальные проекты геологоразведочных работ на нефть и газ. Этот комплекс методов освоения ресурсов УВ может быть применен для других нефтегазоносных районов СССР.

Для геологов, геофизиков, литологов, тектонистов, геохимиков.

3 р. 30 к.

5158