

О МОДЕЛИРОВАНИИ В ГЕОЛОГИИ

Э.А. Еганов, В.И. Молчанов, В.В. Параев

Слова «модель», «моделирование» в последнее время в геологии применяются настолько широко и в таких различных контекстах, что стали основательно «затертыми», нередко потеряв свою истинную суть, превратившись в термины «свободного пользования». Моделями стали называть практически любые конструкции и построения, схемы и гипотезы. Поэтому употребление понятия «модель» требует предварительной оговорки.

Геология как наука занимается изучением природных объектов. *Объект* исследуется на *предмет* выявления тех или иных свойств (строения, состава), характеризующих данный объект, определяются его значение, полезность и проч. С целью понимания сути (или сущности) объекта создаются *модели* или применяется так называемый прием *моделирования*. Модель всегда создается *с целью* поиска ответов на те или иные вопросы, т.е. *моделирование есть научный способ получения новой информации*.

Именно в таком аспекте под моделью в дальнейшем мы будем понимать *логическую конструкцию* (мыслительную форму), отображающую природный объект приближенно, но так, что изучение этой конструкции могло бы дать новую информацию об объекте (или предмете исследования). В конечном счете *модель – это образ* любой природы (предметный, мысленный, текстовый, графический и т.п.) *какого-либо объекта* (процесса, явления), *призванный его представлять*.

Геологические исследования практически всегда сопровождаются графическими изображениями своих объектов (или сводятся к ним). Подобные графики (например, колонки, карты, профили и т.п.) всегда и неизбежно отражают реальность с разной степенью точности, т.е. приближенно, схематично, и отождествляются с моделями. Однако далеко не все графики можно считать моделями. График (или текст) может считаться моделью лишь тогда, когда несет в себе

возможность неочевидных ответов на какие-либо вопросы, связанные с его природой, и позволяет не только объяснять, интерпретировать, но и предсказывать те или иные качества подлинника.

Если физическая модель допускает испытания на какие-то свойства (поведение), не вытекающие с очевидностью из ее формы и структуры, то графическую или знаковую (логическую) модель можно уподобить портрету. Известно, что по портрету можно не только провести идентификацию, но и определить некоторые черты характера оригинала. Однако не всякий портрет (даже фотография) дает такую возможность. Чтобы создать портрет-модель, а не просто отображение, нужно определить наиболее выразительные (характерные, типичные) черты изучаемого объекта (явления), универсальность которых обеспечивала бы высшую степень информативности.

Проблемы моделирования

Моделирование каких-либо объектов геологии (например, месторождений полезных ископаемых) нередко понимается еще как обобщенное, сводное описание (графическое, словесное) всего принимаемого в расчет множества качеств объектов данного класса, т.е. все сводится к составлению объединяющего образа, с которым целесообразно сравнение отдельных объектов.

Классическим примером подобного «моделирования» является составление *сводной* стратиграфической колонки региона. Положительный момент такой процедуры состоит в том, что сводная колонка сочетает в себе все разнообразие некоторого множества частных геологических разрезов региона. Вместе с тем сводная колонка содержит и принципиальные противоречия. Во-первых, изображенная на ней последовательность напластования пород (в полном объеме) в каком-либо конкретном месте данного региона в природе может не существовать. Во-вторых, сводная колонка для каждого из конкретных пунктов региона неизбежно содержит избыточную информацию. К тому же применить такой метод «сводного описания» для какого-то множества месторождений уже гораздо сложнее. Потому его, как правило, заменяют схематичным описанием «типичного» месторождения – типовой схемой, что нередко и называется «моделью».

Вместе с тем в типовую схему чрезвычайно трудно ввести всеохватывающие черты для всего множества месторождений данного

класса, не прибегая к значительным упрощениям. Но в этом случае уже схематические сводные образы («типовые месторождения») частично утрачивают свою информативность. Крайняя позиция при осуществлении подобной процедуры – это объявление «типом» отдельного месторождения (как единичного множества), т.е. выработка рекомендаций по поискам других (аналогичных) экземпляров уникальных месторождений.

Для того чтобы избежать подобных издержек, в геологии давно уже выработан прием обобщения, который называется «генетическим подходом». Он заключается в том, что сложное вещественно-структурное описание месторождений (т.е. собственно залежей полезного ископаемого вместе с некоторой частью вмещающих его образований) заменяется более простым, легче воспринимаемым и емким описанием *процесса формирования* изучаемого объекта. Из процесса выводятся вещественно-структурные следствия, которые и призваны дать образ порожденного процессом объекта.

Такой прием как форма описания месторождений полезных ископаемых стал именоваться «*генетической моделью*». Представляется, что это не более чем «*косовремененный*» синоним выражения «*гипотеза образования*». Именно *гипотеза*, – никто ведь не назовет теорию, скажем, приливов и отливов моделью. Поэтому модель образования некоторого объекта, в частности залежи полезного ископаемого, должна иметь «замкнутую» форму. Это значит быть не просто набором предположений о той или иной стороне, характеристике процесса (допустим, являться непроверяемым указанием на источник вещества), а представлять собой *конструкцию*, поддающуюся не только проверке на истинность, но также *исследованию* с вариациями параметров конструкции и выявлению следствий этих вариаций.

Конечно, этот идеальный подход в геологии возможен далеко не всегда. По существу, он сводится к переходу на оперирование физико-химическими системами. Тем не менее его надо иметь в виду, применяя термин «модель», стремиться к упомянутой законченности исследуемой конструкции.

Существенной слабостью «генетических моделей» является постоянная многозначность интерпретаций материально выраженных следствий, которые выводятся из гипотез о формирующих объект процессах. Например, если гипотеза о протекании процесса определяет, что фосфор, скажем, содержащийся в морской воде,

будет минерализоваться на мелководье, тогда материальным следствием должно считаться то, что вмещающими фосфатные руды должны быть мелководные осадки. Последние же составляют довольно обширный класс, и от модели требуется обоснованный ответ, какие именно. В этом отношении эмпирические «закономерности размещения» (т.е. ассоциации свойств и объектов) более надежны. Они сообщают список конкретных объектов, сонаходящихся (или, как часто предпочитают выражаться, «парагенетически связанных») с искомым объектом. Так, указывается, что фосфориты в толще напластований сопровождаются черными сланцами, кремнями, доломитами.

Слабая сторона эмпирических «закономерностей размещения» – «парагенезов» заключается в том, что здесь развитие мысли привязано только к уже известному. Имеется в виду правило, которое реализуется не на всем множестве, а лишь *на известной нам части* этого множества месторождений, без уверенности в том, что эта известная часть обладает всеми существенными следствиями процесса, порождающего все возможное разнообразие месторождений. Эмпирическая закономерность дает выход только на *аналоги известного*. Теоретическая же модель способна вывести на *все* возможные виды интересующего нас объекта, обладать более широкой предсказательной функцией.

Однако в геологии с ее непреодолимым дефицитом конструкций, которые можно было бы называть *законами*, до подлинно теоретических моделей (т.е. моделей как основы построения теорий) еще очень далеко. Дедуктивное построение – единственный путь создания теории – в силу этого дефицита приходится заменять построениями, полученными индуктивным путем. И надо понимать, что в геологической индукции возможности используются далеко не полностью вследствие ее прямой зависимости от фактического материала.

Исследование фактического материала проводится прежде всего путем *анализа*, т.е. расчленения некоторого целостного объекта на составные части. Расчленяются также и изучаемые вопросы посредством логической абстракции. За аналитической стадией исследования следует *синтез* – теоретическое или экспериментальное воссоединение элементов расчленения (анализа) на новом уровне, что и ведет к построению *модели как основы создания теории*.

Одним из наиболее приемлемых способов построения и уточнения эмпирических моделей и наведения на теоретичные ассоциации

индикаторов рудоносности (в сравнении с обычными «парагенетическими» перечислениями их) являются поиски организованности, упорядоченности расположения элементов этих ассоциаций [1]. До сих пор в геологии этой стороне вопроса, т.е. определению, уточнению структуры какой-либо предлагаемой модели, уделяется явно недостаточное внимание. Главные усилия обычно направлены на определение *степени вероятности связи* между искомым объектом и сопровождающими его компонентами. Между тем модель должна отражать не только *структуры взаимосвязей* (этих элементов геологического пространства), включая даже слабые связи, но и охватывать (по возможности) всю последовательность преобразований *в целом*, обладать наибольшей информативностью.

Моделирование месторождений полезных ископаемых

Трудно назвать какое-либо геологическое образование, которое не использовалось бы человечеством в качестве полезного ископаемого. Когда-то список этих образований ограничивался рудами железа и меди, свинца и олова, золотом, серебром и т.п. В настоящее время имеется потребность практически во всех известных элементах, а также в большей части «пустых пород», таких как пески и глины, сланцы, известняки, граниты, базальты, даже суглинки и проч. В наших целях желательны представления моделей, которые могли бы иллюстрировать не только (и не столько) процесс минерализации рудного вещества, а *весь путь целиком*, завершающийся формированием искомого залежи руд.

Однако далеко не все геологические образования формируются «на глазах человека». Происхождение большей части разнообразных руд, таких пород, как граниты, яшмы (в отличие, скажем, от базальтов, песков и глин, известняков и суглинков, образующихся на наших глазах), восстанавливается по отдельным фрагментам этих объектов. Такие фрагменты затем логически выстраиваются в некоторый ряд последовательных явлений, приводящих к формированию тела (залежи) полезного ископаемого.

Рассмотрим возможность моделирования рудонакопления на примере формирования месторождений фосфоритов и нефти.

Пример прогнозирования формирования залежей фосфоритов. Фосфатные руды – фосфориты относятся именно к такому криптогенетическому виду образований. Несмотря на то что в современных

водоемах (от озер до океанов) отмечается множество пунктов, где осадки или иные геологические образования обнаруживают повышенную фосфатность, осадочными фосфоритами, или фосфоритовыми залежами, их назвать еще нельзя. Нигде в мире не обнаружено то, что можно однозначно назвать или современным месторождением осадочных руд фосфора, или заготовкой такового. Разумеется, в зависимости от ограничений технологического-экономического порядка, накладываемых на понятие «фосфатная руда» (осадочного типа), некоторые из этих субсовременных отложений, содержащие фосфатные включения или примеси, могут быть отнесены к залежам или месторождениям. Но речь идет о высококачественных фосфоритовых залежах, об аналогах известных месторождений богатых осадочных руд, о песках из фосфатных зерен или о фосфатных илах. Современных аналогов им нет даже в небольшом масштабе.

Это провоцирует два предположения. Во-первых, геологические процессы не перманентны, текущий период геологического времени неблагоприятен для образования таких фосфоритов (так же, как и для яшм), и дело ограничивается образованием рассеянной минерализации фосфора, возникновением стяжений. Во-вторых, мы являемся свидетелями лишь незначительной части процесса формирования залежей фосфатов, его начальной стадии.

Здесь необходимо учесть следующее. Можно назвать огромное количество минералов, залежи которых на наших глазах не формируются, а если и формируются, то иных типов по сравнению с ископаемыми. Кроме того, единственный способ, которым определяется обстановка формирования какого-либо геологического объекта, – это метод актуализма (т.е. сравнение с современными, доступными наблюдению обстановками) и комбинаторика обстановок, поставляемых этим методом. Поэтому все «реконструированные» геологами древние обстановки являются в какой-то мере прототипами современных. Получилось, что современное устройство мира и есть исчерпывающий перечень древних обстановок. Различия только в масштабах.

Можно мысленно представить себе древние ледники, покрывающие континенты до средних и даже низких широт, или пресные океаны, но все это – модификации современной картины. Отсюда и мнение, что в современности обязательно должны где-то быть условия для формирования искомого ископаемого осадка, хотя бы в небольшом

масштабе. Реально же это вовсе не обязательно. И помимо двух вышеприведенных объяснений того, почему в современности не наблюдается образование месторождений фосфоритов древнего богатого типа, может быть и третье: обстановки и условия образования высококачественных осадочных залежей первичных фосфоритов определены неточно и не соответствовали имеющимся в современности. В этом отношении весьма показательна следующая ситуация.

Считается, что одним из решающих факторов «удачности» модели (или гипотезы) образования месторождения полезного ископаемого является успешное прогнозирование поисков этого типа объекта. Предполагается, что обладая верной или близкой к истине гипотезой образования полезного ископаемого, его можно и прогнозировать наверняка. Действительно ли это так, можно судить по многочисленным примерам открытия месторождений таких полезных ископаемых, происхождение которых до сих пор является предметом споров, например нефти. Однако приверженцы какой-либо гипотезы («теории») заявляют, что открытие произошло именно путем применения их гипотезы, и тем самым «доказывается» ее верность.

В отношении фосфоритов в литературе есть множество примеров прямо противоположного толка. В одном случае говорится, что теория связи фосфора в осадках с жизнью и гибелью организмов – как биогенная теория происхождения фосфоритов – *объяснила многие особенности их месторождений и позволила открыть ряд крупных фосфоритовых бассейнов*. В другом случае утверждается совершенно обратное, а именно то, что *в дальнейшем была показана несостоятельность биогенной теории, на смену ей пришла хемогенная теория и практическим итогом ее развития явилось открытие ряда крупных фосфоритовых бассейнов*.

Остается только порадоваться тому, что в геологии как состоятельная, так и несостоятельная генетическая гипотеза может, оказываясь, приводить к успеху в поисках и объяснениях, и... сделать вывод, что предположения о генезисе не так уж важны в прикладной геологии [2] и что увлечение построениями генетических гипотез есть не столько практическая необходимость, сколько неизбывная слабость человечества – стремление к «объяснизму».

Поэтому в отсутствие физико-химической или какой-либо иной *теории* образования фосфоритов, поддающейся проверке строго научными, а не чисто прагматическими приемами, пока остается путь

построения научных моделей, которые должны представлять описание оптимально эффективного набора геологических объектов и такого их взаиморасположения, при выявлении которого можно гарантированно ожидать наличия искомого. Однако в геологии мы нередко сталкиваемся с тем, что Р.Я. Складов [3] назвал *принципом некоммутативности*. Этот принцип заключается в том, что существование обязательного набора сопутствующих полезному ископаемому геологических тел *не является обязательным условием наличия соответствующего им месторождения*. Такое положение Р.Я. Складов допускает возможным объяснить тем, что закономерности образования месторождений – «это закономерности исключений, а не массовых явлений».

Действительно, формирование локализованных залежей, обогащенных каким-либо элементом, есть аномалия на фоне процессов перемешивания и равномерного распределения всех компонентов в общей массе. Например, воздух как смесь в определенной пропорции азота, кислорода, углекислого газа и проч. остается примерно одинаковым на всех широтах. Это проявление энтропии. Локализация полезного ископаемого в залежь – *антиэнтропийный* процесс. Логично сделать следующий вывод: антиэнтропийный процесс может протекать только в условиях подвода свободной энергии. Из этого далее вытекают и все «закономерности исключений».

Подобные процессы могут иметь место в волноприбойной зоне морей, где энергия волн и механизм их действия обеспечивают антиэнтропийную дифференциацию минеральных компонентов, например продуктов магматической (вулканизм, интрузии) активности. Именно по этой причине прибрежная зона палеоморей – зона концентрации многих месторождений полезных ископаемых осадочного генезиса.

Предлагаемые модели, как правило, строятся из *необходимого*, но *не достаточного* набора признаков. Вопросы о критериях достоверности получаемых результатов в зависимости от выбранных (из множества) признаков и критерия их достаточности уже рассматривались нами ранее [4]. Здесь мы не станем еще раз заострять на этом внимание.

Можно, конечно, угадать, выявить многое из существенного, но не все. Скажем, известно, что нефть скапливается в антиклиналях. Вместе с тем, зная положение коллекторов, нефтяники все же часто сталкиваются с фактом «пустых» структур в ближайшем соседстве с продуктивными. Это или промытые структуры, или же мигри-

рующие углеводороды почему-то обошли их. В обоих этих случаях решающий процесс распределения не оставляет понятных нам следов в геологическом пространстве. Остается только или гадать, почему это так, или проводить дополнительные наблюдения, которые могут по трудоемкости оказаться соизмеримыми с прямым поиском вслепую. Поэтому принцип некоммутативности не должен смущать; главное, что требуется от модели, – это наведение поиска с высокой вероятностью или же объяснение на уровне серьезной логики, без риска полной переделки конструкции.

Наконец, одно из важнейших требований к моделям, создаваемым на основе гипотез образования полезных ископаемых, – это перевод элементов гипотез, а именно высказываний, на язык наблюдений. Так, если возникла гипотеза о периодическом врезании реки в ложе, то этому высказыванию должно в реальности соответствовать наличие террас. Если предполагается связь фосфоритов с системой палеоокеанических течений, то требуется сообщить, какие отложения и в каком соотношении возникли под воздействием этой системы течений или какое расположение должны были иметь участки суши, какова должна быть конфигурация ее берегов, чтобы в прилегающих акваториях возникла именно продуктивная система течений, исходя из известных теорий.

Идеальная модель накопления полезного вещества (формирования месторождения), очевидно, должна представлять *пространственно упорядоченный* набор геологических тел (объектов), обладающих признаками (свойствами), которые указывали бы на то, что эти объекты являются: 1) источником полезного компонента; 2) следами переноса его к местам фиксации; 3) указателями расположения таких мест; 4) индикаторами преобразования возникшего скопления (промышленного качества); 5) следами движения на путях переноса компонентов руд к залежи или индикатором направлений к ловушкам для накопления залежей; 6) указателями расположения ловушек; 7) ориентирами расположения пункта конечной локализации залежей; 8) показателями того, что сформированные в предполагаемом пункте геологического пространства залежи могли сохраниться до наших дней.

Возьмем в качестве примера снова рассуждения о модели фосфоритообразования. В экзогенных условиях, где формируются осадочные месторождения фосфоритов, первичный фосфор поступает из земных глубин (продукты вулканизма, интрузии) в форме расплавов

или в составе эндогенных растворов. Минеральные формы эндогенного фосфора не усваиваются растениями и как акцессорные минералы проходят весь путь до морских осадков. Такой фосфор усваивается растениями только после механохимической активации минеральных форм (например, апатита).

Фосфор, вовлеченный в биосферный круговорот, циркулирует по трофическим цепям и не выходит из биосферы; он становится мигрирующим элементом только при массовом катастрофическом отмирании растительного мира. Выделяемые нами глобальные геологические циклы продолжительностью до 170 млн лет [5] позволяют раскрыть механизм формирования многих полезных ископаемых, в том числе фосфоритов и нефти. Глобальный геологический цикл уподобляется галактическому году с его зимними и летними сезонами по 50–70 млн лет и разделяющими их «межсезоньями» переходного характера – «весной» и «осенью» (до 20 млн лет). Такая галактическая «осень» – это время массового отмирания в органическом мире, что обуславливает два связанных процесса. Первый – освобождение фосфора, который, будучи однажды усвоенным биосферой, циркулирует по трофическим цепям и становится способным к миграции только при отмирании организмов. Второй процесс – уксусно-кислое брожение органических остатков, обеспечивающее селективное выщелачивание отдельных элементов и их миграцию с поверхностными водами в виде ацетатов или комплексных солей урановой, фосфорной и уксусной кислот. С осаждением их на геохимических барьерах связано формирование осадочных месторождений фосфора, а также урана и сопутствующих ему элементов [6]. Каждый из таких этапов оставляет следы в геологической истории, которые и должны становиться элементами модели (или даже теории).

Для научного обоснования поисковых критериев и прогноза поисков месторождений необходимы все элементы комплексной модели. Однако этим не исчерпывается значение *гипотезы образования*. Из этой гипотезы вытекает логика обоснования модели более высокого ранга – модели упомянутого выше парагенеза. *Парагенез* – необходимая ассоциация пород, их сонахождение, обусловленное единством условий образования, есть важный элемент практической геологии. Например, как уже упоминалось ранее, фосфориты в толще напластований сопровождаются черными сланцами, кремнями и доломитами. Эмпирическая «закономерность размещения» получает строгое научное обоснование.

Пример прогнозирования формирования месторождения нефти.

В аспекте экономического значения философско-методологического подхода к моделированию геологических процессов уместно рассмотреть в ретроспективе историю нефтепоисковых работ в Западной Сибири [7]. Начнем с показательного эпизода. На одном из совещаний, на котором определялась очередность поискового бурения, известный и уважаемый геолог М.Я. Рудкевич авторитетно заявил, что в полосе широтного течения р. Оби *нефти нет!* На чем он основывал свое утверждение, нам неизвестно. Однако с позиций геологических знаний того времени полоса широтного расположения долины Оби уже рассматривалась как перспективная территория. Известно, что река нередко подчеркивает особенности глубинного строения, и резкий поворот Оби с позиций представлений о роли глубинных разломов земной коры в процессе нефтенакопления можно было бы истолковать как подчинение русла реки общей направленности глубинных разломов, – значит, здесь и возможны промышленные скопления нефти. Но ту же самую перспективность можно обосновать и как изменение направления течений при встрече с останцом древнего материка (Тоболии), и тогда широтное течение Оби должно бы соответствовать береговой линии палеоматерика. А к береговым линиям приурочены практически все месторождения осадочных полезных ископаемых.

Спустя некоторое время именно там ударили фонтаны «большой нефти». Позже Ю.Г. Эрвье, возглавлявший нефтепоисковые работы в Сибири, выступил в печати с заявлением, что нефть в Сибири открыли не по прогнозам ученых, а вопреки им. Так в Сибири восторжествовал американский лозунг: «Нефть открывает долото», – а девиз геологии «*Молотком и разумом!*» – был отринут. Попробуем восстановить в правах девиз геологов. На этом пути поводырем нам будет академик А.А. Трофимук, отдавший «борению» за нефть 40 лет своей научной деятельности [8].

Освободившись от многотрудных административных обязанностей и покинув первые шеренги борцов за нефть, А.А. Трофимук перешел на позицию созерцателя сражений. На него сошла мудрость М.И. Кутузова, говорившего, что *молодежь ищет сражений, а он ищет смысла в них*. Действительно, зачем сражаться «за» или «против» глубинной нефти, если поиски ведутся по выявлению и разбурированию структур-ловушек, *случайно* сформировавшихся в толще осадочных пород и *случайно* заполненных «мигрирующей» нефтью, образованной либо в глубине, либо вдалеке от ее нынешнего местонахождения? Еще меньше смысла ломать копья в дебатах о генезисе нефти: какая она – органическая или неорганическая?

В геологии известны органогенные известняки (строматолитовые или рифовые). Известно также, что метан выделяется бактериями, обитающими в застойных водоемах. Тот же метан – обычный спутник угольных пластов, и еще метан выделяется при реакции карбидов железа с водой. Первый метан – биогенный, второй – органогенный, третий – хемогенный. Но метан во всех случаях является органическим соединением, а органогенный известняк – неорганическое образование.

Пересматривая представления с высоты накопленного опыта, А.А. Трофимук отказался от некоторых категорических утверждений. Эволюция взглядов академика подробно прослежена в очерке, посвященном его памяти [9]. В том числе прослежена эволюция его представлений о латеральной миграции нефти: он пришел к мнению, что нефть образуется на месте ее залегания, а то, что мигрирует (даже «микронепфть»), – это еще не нефть.

Во время активной научной деятельности А.А. Трофимука безраздельно господствовали идеи И.М. Губкина, которые его сторонники возвели в догму: *нефть образуется в одном месте, а накапливается – в другом*. (Кстати, в трудах И.М. Губкина такое утверждение нам не встретилось). Авторитет и напористость И.М. Губкина со временем устранили с дороги других авторитетных ученых (А.Д. Архангельского, И.П. Калицкого), которые оставались верны классическому в геологии подходу: *месторождение полезного ископаемого есть место его рождения*.

Теперь становится ясной методологическая (философская) ошибка, которую геологи приняли как руководство к действию. Но корни ее все же лежат глубже, и ошибочность в концептуальном подходе возникла раньше, чем начались поиски сибирской нефти. Неизвестно, когда и почему в нефтяной геологии произошла *подмена объекта исследований*. Предметом геологии все же является *генезис месторождений* полезных ископаемых, а нефтяники вдруг занялись *генезисом нефти*. Одни глубоко погрузились в изучение роли свободных радикалов в синтезе углеводородов (Э.М. Галимов), другие увлеклись построением механохимических моделей природного нефтеобразования (Н.В. Черский, В.П. Царев). О генезисе нефти геологами написаны горы книг, в то время как о генезисе *месторождений* нефти, можно сказать, почти ничего нет.

Между тем, для того чтобы построить модели генезиса месторождений нефти, нет нужды залезать в «дебри» органической химии. Требуется лишь прочное знание школьного курса химии, в котором гидрогенизация рассмотрена как главный способ получения

жидкого и газообразного топлива, а из университетского курса геохимии надо усвоить, как преобразуются минеральные вещества на геохимических барьерах: на стыке сульфидных гидротерм с известняком и при встрече пресных вод с солеными в устьях рек. Строго говоря, нужно определить объект исследования и понять, на какой предмет его следует изучать. Нефтеобразование, или синтез углеводородов в природе, геология изучает как составную часть генезиса месторождения и именно как процесс образования полезного ископаемого [10].

Долгое время в нефтяной геологии господствовало такое представление: *была бы нефть, а она уж сама обязательно попадет в подготовленную для нее ловушку*. В соответствии с этой научной концепцией моделировалась методика поисков *нефти*, а не *месторождений нефти*, что можно уподобить поиску грибов «по площадям», а не «по науке».

Сделав этот исторический экскурс, определим в чем сегодня изменились представления о нефтепоисковых работах.

Смена концептуальных основ (вместо потенциальных ловушек искать месторождения) влечет за собой полную смену стратегии и тактики геологических исследований. Если раньше недра прослушивались и разбуривались на предмет выявления структурных ловушек, которые, может быть, «поймали» мигрирующую нефть, то теперь уже нужно применять геологические методы, разработанные, испытанные геологами многих поколений и описанные в их трудах. Оставим в стороне специалистов, зараженных прагматизмом американцев, и посмотрим, каким должно быть сугубо геологическое исследование. Геолога пять лет учат методам поиска и разведки месторождений, и далее он всю жизнь совершенствуется в этом ремесле.

Для начала составим реестр геологических сведений, которые могут быть использованы при поисках нефтяных месторождений.

1. На основании опыта нефтепоисковых работ в Сибири академик А.А. Трофимук выделил три этажа нефтегазоносности, т.е. те стратиграфические горизонты, к которым приурочены выявленные месторождения [11]. Эти этажи – главные перспективные отложения. Другие этажи не должны уже никого смущать, хоть они и привлекательны с точки зрения наличия в них «хороших коллекторов и ловушек».

Статистическая обработка мировых материалов, выполненная В.С. Вышемирским и А.Э. Конторовичем [12], показала, что этажи нефтегазоносности, свойственные Западной Сибири, характеризуют и

другие бассейны. Запасы нефти, сосредоточенной в этих этажах, в десятки и сотни раз превышают «среднюю» нефтегазоносность бассейна.

Наши исследования [13] показывают периодичность рудоотложения и нефтенакпления в глобальных геологических циклах. Нефтенакпление (в отличие от фосфоритообразования) свойственно периодам не отмирания, а расцвета растительного мира, синхронизируемым с «летом» галактического года. Следовательно, стратиграфическая приуроченность месторождений нефти есть природная закономерность, которую в первую очередь следует учитывать, с тем чтобы разумно направлять «долото».

2. Из общих геологических фактов известно, что месторождения очень многих полезных ископаемых тяготеют к прибрежной зоне палеоморей. Следовательно, трассирование береговых линий палеоматериков есть основа для нефтепоисковых работ.

3. Известно также, что гелий является обычным спутником нефтяных залежей. Поэтому гелиевый газовый каротаж – необходимый элемент геологического исследования разреза, вскрываемого скважиной: присутствие гелия – положительный признак. Выявленный же газовым каротажем провал в содержании водорода (вплоть до «не обнаружен») тоже свидетельствует о близком расположении залежи нефти, так как нефть – *не донор, а акцептор водорода*.

4. В связи с этим уместно обратить внимание на тот факт, что нередко нефтяная залежь опоясывается магнетитовым кольцом и проявляется как магнитная аномалия. По этому поводу существует разногласие. Одни считают, что нефть как восстановитель обеспечила формирование магнетитового пояса. Другие полагают, что образование магнетита за счет окисления FeO водой обеспечило выделение H₂ на нефтеобразование. И в том, и в другом случае магнитометрическая съемка может ориентировать поиск.

5. Опираясь на концепцию, согласно которой «нефть приходит... и заполняет ловушки», геологи сконцентрировали внимание на вопросе о том, откуда она приходит: из неведомых глубин по разломам в земной коре или собирается по капелькам со всего осадочного бассейна. Ошибочная концепция легла в основу ошибочной методики: искали нефть, а не *месторождения* нефти. Сегодня, когда открыты залежи нефти внутри баженовской свиты, сложенной пластичными глинами, исключаящими подток нефти как из глубин, так и по напластованию, да еще при наличии в залежи сверхвысокого

давления, это скорее всего показывает, что нефть не приходит откуда-то, а образуется на месте залегания.

Таким образом, все внимание должно быть сосредоточено не на поиске нефти, а на поиске *месторождений* (!) нефти. Искать месторождения значительно проще, так как они «привязаны» к определенным стратиграфическим горизонтам и находятся в окружении парагенетических образований. Но это, к сожалению, очевидно только при ретроспективном анализе.

* * *

Обсуждение методологических и философских вопросов моделирования в геологии и построения генетических моделей формирования месторождений не является абстрактным упражнением ума, а представляет собой поиск решения практических задач, направленных на экономию государственных средств, затрачиваемых на поиски и разведку запасов минерального сырья. В наше время все отрасли науки прибегают к помощи философии при обобщении и анализе бесчисленного множества фактов, а философия, в свою очередь, все решительнее вторгается в естествознание, физику и математику как фундаментальную опору наук о мироздании и законах Природы.

Кроме того, с обозначенных позиций все сказанное выше о проблеме моделирования в геологии можно свести к трем главным моментам. Во-первых, это нечто большее, чем только возможность выявить определяющие черты изучаемого объекта – месторождения и ответить на вопросы, связанные с его происхождением. Во-вторых, это и способ получения принципиально новой информации, и основа практического применения знаний о природном объекте. В-третьих, это важнейшая (переходная) ступень как основополагающий элемент или даже фундамент в подготовке и создании теории познания. Последнее для геологии имеет особое значение на фоне таких зрелых наук, как физика, химия, математика, научная фундаментальность которых обеспечена достаточным наличием собственных теорий.

Литература

1. См.: Еганов Э.А. Структура комплексов фосфоритоносных отложений. – Новосибирск: Наука, 1983.
2. См.: Воронин Ю.А., Еганов Э.А. О генетическом и агенетическом направлениях в геологии. – Новосибирск, 1971. – 39-34-72 Деп.

3. См.: *Скляр Р.Я.* Закономерности экзогенного рудообразования в геологической истории восточной части СССР // 27-й Междунар. геол. конгресс. – М., 1984. – С. 196–197.
4. См.: *Параев В.В., Молчанов В.И., Еганов Э.А.* О философии геологии // *Философия науки.* – 2003. – № 1 (16). – С. 60–80.
5. Там же.
6. См.: *Молчанов В.И., Параев В.В.* Фанерозойская история взаимодействия геосфер (в развитие творческого наследия академика А.Л. Яншина) // *Вестник ОГГГН РАН.* – 2000. – Вып. № 4 (14) / URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/4-2000/geos.htm#begin
7. См.: *Андреев С., Гольдина Н.* Чрезвычайные люди. – Свердловск, 1989.
8. См.: *Трофимук А.А.* Сорок лет борения за развитие нефтегазодобывающей промышленности Сибири. – Новосибирск: НИЦ ОИГТМ СО РАН, 1997.
9. См.: *Молчанов В.И., Параев В.В.* Последние годы академика А.А. Трофимука // *Вестник РАН.* – 2001. – Т. 71, № 6. – С. 538–543.
10. См.: *Трофимук А.А., Молчанов В.И., Параев В.В.* Особенности геодинамических обстановок формирования гигантских месторождений нефти и газа // *Геология и геофизика.* – 1998. – Т. 39, № 5. – С. 673–682; *Они же.* Модель формирования нефтегазоносных карбонатов (на примере Куюмбо-Юрубчено-Тайгинского супергиганта) // *Докл. РАН,* 1999. – Т. 364, № 3. – С. 366–368.
11. См.: *Трофимук А.А.* О стратегии поиска нефти и газа в СССР. – Новосибирск, 1991 (Препринт ИГНГ СО РАН СССР. № 9).
12. См.: *Вышемирский В.С., Конторович А.Э.* Циклический характер нефтенакпления в истории Земли // *Геология и геофизика.* – 1997. – Т. 38, № 5. – С. 907–918.
13. См.: *Молчанов В.И., Параев В.В.* Углеродородная оболочка стратисферы, биогенный кислород атмосферы и мировые запасы нефти // *Известия отделения наук о Земле и экологии. Геология.* – Уфа: АН РБ, 2000. – № 5. – С. 61–70; *Параев В.В., Молчанов В.И.* Глобальные геологические циклы и катаклизмы в фанерозойской истории Земли // *Поиск математических закономерностей Мироздания: Избр. тр. 1У Сиб. конф. по мат. проблемам физики пространства-времени сложных систем (ФПВ-2002).* – Новосибирск, 2004. – Т. 2. – С. 73–89.

Объединенный Институт геологии, геофизики
и минералогии СО РАН, г. Новосибирск

Eganov, E.A., V.I. Molchanov and V.V. Paraev. On modelling in geology

The paper analyses the meaning content of the terms «model» and «modeling» and considers their role in study of natural objects, processes and phenomena. It discusses characteristic features of modelling techniques in geology and opportunities of their application taking into account the specific character of geological research. By the example of modelling of processes of formation of sedimentary phosphorites (phosphate ores) and oil, it shows that modelling approach may be applied quite well in a large scale of geological works including search and exploring of various minerals.