

К МЕТОДИКЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РАЙОНОВ

В.Г. Гацков

Центр геоэкологических исследований г. Оренбург

Введение

Экологическая ситуация в нефтегазодобывающих районах является результатом длительного взаимодействия разнообразных природных и техногенных факторов нефтегазодобывающих комплексов. Одним из эффективных способов их оценки является использование экспертных систем и современных информационных технологий, способных обеспечить сбор, накопление, обработку и интерпретацию информации и на ее основе предложить варианты решения задач. Экспертные системы помогают решать проблемы, сложность которых превышает человеческие возможности, или для решения которых требуется объем знаний из нескольких областей, которые один человек не в состоянии охватить [1,2,3]. Типичная экспертная система содержит базу знаний (совокупность определенным образом формализованных и структурированных знаний специалистов – экспертов по решению актуальной проблемы) – основную подсистему, а также подсистемы пользовательского интерфейса, логического вывода и объяснений [4].

База знаний определяет диапазон решаемых задач и качество предполагаемых решений. Знания, хранящиеся в ней, могут быть подразделены на алгоритмические, фактуальные и концептуальные [3]. В качестве систем управления базами знаний можно использовать традиционные системы управления данными.

Подсистема логического вывода – программная подсистема, позволяющая логически выводить необходимую пользователю информацию, на основе сведений, имеющихся в базе знаний и поступающих от пользователя. Эта подсистема содержит правила стратегии логического вывода и определяет уровень интеллекта экспертной системы.

Подсистема объяснений позволяет пользователю проследить ход рассуждений, убедиться в обоснованности полученной информации. Важнейшей качественной характеристикой, позволяющей считать некоторую систему экспертной, является наличие функций объяснений.

I. О сквозном геоэкологическом мониторинге

Технология сквозного геоэкологического мониторинга разработана коллективом авторов (Гациков В.Г. и др., 1992 г.) и апробирована в нефтегазо-

добывающих районах Пермской области [5]. Она предназначена для информационного обеспечения принятия решений, оптимальных в экологическом отношении, при проектировании и проведении поисков, разведки и разработки нефтяных месторождений и базируется на использовании современных автоматизированных систем сбора, хранения, обработки и интерпретации разнообразной геолого-геофизической и геоэкологической информации с применением компьютерных технологий. Основой технологии СГМ является создание геолого-геофизической модели нефтегазоносного (перспективного) объекта, уточняемой и детализируемой по мере его изучения и освоения. СГМ начинается при проектировании на перспективной площади поисковых работ и заканчивается после окончания разработки нефтяного месторождения при достижении стабилизации геоэкологической ситуации.

Особенностью технологии СГМ является использование на всех его этапах и стадиях космоаэрогеоэкологической и геофизической информации, широкое использование результатов анализов керна и пластовых флюидов для калибровки информации, полученной всеми методами, результатов промысловых, в первую очередь гидродинамических исследований. При этом результаты наземных и скважинных геофизических исследований являются основой для создания геолого-геофизической модели объекта, дополняемой и корректируемой за счет информации, полученной другими методами. Таким образом, состав информационного обеспечения сквозного геоэкологического мониторинга меняется по мере освоения объекта. Меняется и относительная роль того или иного вида информации.

Космоаэрогеоэкологические исследования проводятся по методике комплексирования региональных и детальных исследований, что позволяет наиболее полно использовать основное достоинство материалов космо- и аэросъемок – обзорность, генерализацию, высокую разрешающую способность. Применение принципа «от общего к частному» и «от частного к общему» обеспечивает системное изучение сложноорганизованных объектов, их элементных связей и функциональных характеристик на региональном, зональном и локальном уровнях генерализации. Систематическое, с определенной периодичностью и цикличностью, выполнение космоаэрогеоэкологических исследований позволяет

оценивать состояние геоэкологической ситуации на изучаемом объекте, фиксировать ее изменения, определять возможные предельные техногенные нагрузки на окружающую среду (ОС). Результаты космоаэрогеоэкологических исследований используются также при интерпретации геофизических материалов и непосредственно при создании и уточнении геолого-геофизической модели объекта [6,7].

Однако необходимо отметить, что до настоящего времени дешифрирование и интегрированный анализ аэрокосмической информации осуществляется в основном визуально, иногда с использованием отдельных элементов компьютерных технологий. Компьютерные же средства обработки материалов дистанционного зондирования (МДЗ) обеспечивают широкие возможности выполнения геометрических и радиометрических коррекций, а также интегрированного преобразования данных разных спектральных диапазонов для их представления в виде, наиболее пригодном для решения задач интерпретации. Компьютерные технологии комплексного анализа разнородных данных представляют широкие возможности создания и ведения баз аэрокосмических, геолого-геофизических, ландшафтно-геохимических и других данных на значительные площади и локальные объекты. Эти технологии дают возможность моделирования объектов и процессов, происходящих в окружающей среде, для решения широкого круга задач. Интегрированный анализ МДЗ совместно с геологическими, геофизическими, геодинимическими, геохимическими и ландшафтными данными, осуществляемый на базе технологий ГИС, позволяет получать количественные характеристики природных объектов и параметры их пространственного распределения, необходимые для решения широкого круга природно-ресурсных задач. В последние годы компанией ERDAS Inc предложено программное обеспечение для работы с данными дистанционного зондирования и ГИС различных уровней сложности. Основная линия программного обеспечения ERDAS IMAGINE дает возможность профессионалам в области ГИС и дистанционного зондирования принимать более обоснованные и взвешенные решения. Поэтому ее использование для решения задач решаемых СГМ особенно актуально.

Геофизические исследования - основной источник информации для составления и уточнения геолого-геофизической модели объекта. На начальных стадиях организации СГМ существенную роль играют данные гравитационной и магниторазведки, электро-разведки, аэрогаммаспектрометрии. Затем ведущую роль приобретают сейсмические данные (метод 3D). На стадии эксплуатационного разбуривания месторождения эта роль переходит к комплексу каротажа и скважинным сейсмическим исследованиям. Затем главную роль начинают играть геофизические методы контроля за разработкой нефтяных месторожде-

ний, обеспечивающие получение массовой и достаточно точной информации.

Гидродинамические исследования обеспечивают наполнение детальной геолого-геофизической модели фактическим материалом и являются основным методом оценки достоверности этой модели на стадиях разведки и разработки нефтяного месторождения. Роль их, таким образом, весьма важна, и получаемая ими информация невосполнима другими методами. К конкретизации детальной геолого-геофизической модели нефтегазоносного или перспективного объекта привлекаются и геологические методы, используемые также для выявления и оценки геоэкологических изменений.

2. Исследования на стадии поисковых работ

На стадии поисковых работ основной задачей СГМ является определение состояния ОС в пределах перспективной площади, предварительная оценка допустимых техногенных нагрузок, выдача рекомендаций по методике и технологии поисковых работ. Так, на территории Пермской области в конце 1980-х и начале 1990-х годов, на основе наших рекомендаций "Пермнефтегеофизикой" реализовывались следующие природоохранные мероприятия:

- освоение пространственных систем наблюдений на основе криволинейных сейсмических профилей, прокладываемых с учетом существующей сети дорог, просек, сельскохозяйственных неудобий;

- применение виброкомплексов, а также поверхностных взрывных источников различных типов с целью совершенствования источников упругих сейсмических колебаний;

- районирование территории по допустимым глубинам заложения и величинам зарядов ВВ с целью исключения отрицательного воздействия взрывных работ на горизонты пресных подземных вод.

Выполнение сейсморазведочных работ, комплексируемых обычно со структурным параметрическим бурением, высокоточной гравиразведкой и геохимическими методами, позволяет создать прогнозную геолого-геофизическую модель перспективной площади с целью выбора мест заложения глубоких поисковых скважин и разработки оптимальной методики поискового бурения. Основой для создания этой модели являются материалы сейсмических исследований, позволяющие определить местоположение перспективных объектов, их морфолого-генетические типы, глубины залегания и количественные параметры предполагаемых ловушек УВ, ориентировочно оценить извлекаемые ресурсы нефти и газа. При составлении прогнозной геолого-геофизической модели используются результаты космоаэрогеоэкологических исследований. Они позволяют выявлять в пределах площади мозаично-блоковые структуры, сформировавшиеся в

результате действия разнонаправленных тектонических напряжений. Эти структуры представляют собой полигональные, геоморфологически выраженные участки, разделенные линеаментами, и обуславливающие наличие иерархической (кусковатой, блоковой, ячеистой) структуры территории. Комплексная интерпретация результатов сейсморазведки и космоаэроэкологических методов позволяет выявлять тектонически-ограниченные блоки и зоны повышенной тектонической трещиноватости. На временных сейсмических разрезах с этими элементами связаны, как правило, лишь незначительные изменения волновой картины, остающиеся без внимания при отсутствии материалов дешифрирования аэро- и космоснимков. В "Пермнефтегеофизике" успешно используются результаты дешифрирования МДЗ для составления и корректировки карт интервальных и эффективных скоростей сейсмических волн [5]. По прогнозной геолого-геофизической модели перспективной площади принимаются решения о мероприятиях в связи с постановкой глубокого поискового бурения и методикой его выполнения [5]:

1. Выбор первоочередного, перспективного объекта для продолжения поисковых работ. Ранжирование подготовленных и выявленных объектов по степени их перспективности, достоверности, детальности картирования и геоэкологическим условиям позволяет исключить бурение "сухих" поисковых скважин, снизив тем самым техногенные нагрузки на ОС.

2. Определение места заложения глубоких скважин с учетом геоэкологической ситуации. Практикуется бурение наклонно-направленных поисковых и разведочных скважин с размещением их устья на участках, неблагоприятных для ведения сельского и лесного хозяйства и удаленных от населенных пунктов и водозаборных скважин.

3. Выбор оптимальной конструкции скважины и технологии ее бурения.

В результате поискового бурения уточняется геолого-геофизическая модель объекта: морфолого-генетический тип ловушки, ее размеры, высота и емкость, глубина залегания, определяются характеристики пород-коллекторов и флюидопоров, фильтрационные свойства пластовых флюидов и степень их агрессивности. По результатам бурения принимаются решения о продолжении поисково-разведочных работ и исследований, оцениваются предельные значения техногенной нагрузки на природный комплекс. На основе подсчета запасов полезных компонентов оцениваются народнохозяйственный эффект от разработки месторождения и затраты на охрану ОС от экологических потерь.

Для крупных или группы рядом расположенных мелких нефтяных месторождений рекомендуются детальные поисковые работы, включающие:

- детальные космоаэроэкологические исследования;
- детализационную сейсморазведку;

- бурение дополнительных разведочных скважин;
- проведение скважинных сейсмических исследований.

Скважинные сейсмические исследования по методике прямого и обращенного ВСП показали определенные геоэкологические преимущества по сравнению с традиционными ВСП за счет:

- исключения бурения взрывных сейсмических скважин, нарушающих ОС;
- отказа от взрывных работ в зоне распространения пресных подземных вод;
- уменьшения нагрузки на ландшафт, в связи с уменьшением количества применяемой спецтехники.

3. Детализационные, разведочные и эксплуатационные работы

Результаты детализационных и разведочных работ являются основой для создания детальной геолого-геофизической модели месторождения. Она используется в качестве базы для подсчета запасов нефти и газа, а также для составления технологической схемы разработки. Дальнейшее уточнение модели месторождения осуществляется на стадии его эксплуатационного разбуривания по технологической схеме разработки. Проверяется блоковый характер строения залежей с использованием комплекса данных детализационной сейсморазведки и космоаэроэкологического дешифрирования. Для уточнения представлений о блоковом строении месторождения представляет интерес создание тектоно-седиментационных моделей, предполагающих восстановление основных тектонических и седиментационных процессов. Тектоно-седиментационная модель отражается на отдельных или совмещенных тектонической и седиментационной картах, построенных путем анализа современного структурного плана продуктивной толщи пород. Расчет седиментационной компоненты производится путем реконструкции палеоструктурного плана с учетом фаций и дифференцированного уплотнения пород. Тектоническая компонента вычисляется как разность глубин залегания современного и восстановленного структурных планов. Данный метод позволяет выявить:

- 1) унаследованность тектонических движений,
- 2) определить роль линеаментов и связанных с ними мало амплитудных разломов и зон повышенной тектонической трещиноватости в формировании современной структуры месторождения,
- 3) наметить блоки залежей, отличающиеся по геолого-промысловой характеристике [8].

Окончательное решение вопроса о блоковом строении залежей принимается лишь при комплексном анализе разработки с использованием данных промысловых методов, гидродинамических наблюдений и материалов геофизического контроля за

разработкой. Появление на стадии эксплуатационного разбуривания новых крупных массивов геолого-геофизической и промысловой информации позволяет существенно дополнить и уточнить детальную геолого-геофизическую модель месторождения. Она отражается, в частности, на детальных структурных картах продуктивных комплексов пород, картах пористости и проницаемости пластов-коллекторов, картах текущих и начальных ВНК, изобар, обводненности и т.д. Все эти материалы являются основой для принятия решений по дальнейшей разработке нефтяного месторождения, выработке и проведению природоохранных мероприятий.

Раннее, на стадии проектирования поисковых работ, начало геэкологического мониторинга, его сквозной характер позволяет кроме постоянной оценки состояния природной среды и прогноза его изменения оценить фактическую долю предприятий нефтедобывающего комплекса в изменении экологической ситуации в районе.

Большое количество информации, обрабатываемой при составлении детальной геолого-геофизической модели, требует применения современных автоматизированных технологий. Интенсивное развитие информационно-измерительной техники, программного обеспечения, телекоммуникаций, существенно расширяет возможности автоматизации обработки, связанной с применением СГМ, делает возможным широкое использование компьютерных технологий для решения геэкологических задач.

4. О ГИС технологиях

Проведение мониторинга связано с обработкой пространственной информации. Средства ее обработки должны обеспечивать:

- ввод данных, полученных с карт и материалов аэро- и космосъемок;
- хранение и поиск, позволяющие оперативно получать данные для соответствующего анализа, возможность их редактирования;
- возможность обработки и анализа пространственных расчетно-аналитических задач;
- вывод данных в виде карт, диаграмм, таблиц и изображений.

Наиболее приемлемой формой реализации таких технологий является использование географических информационных систем (ГИС). Разработкой программного обеспечения для ГИС занимаются такие крупные фирмы, как ESRI, INTERGRAPH, ERDAS и др. Лидирующее положение занимает ARC/INFO - продукт фирмы ESRI, который в мировом масштабе становится узаконенным стандартом у разработчиков интегрированных программно-аппаратных комплексов для предприятий нефтяной промышленности. Так, например, Schlumberger, одна из крупных обслуживающих нефтяную индустрию компаний, проектирует базирующуюся на ARC и ORACLE систему, решающую широкий круг гео-

логических и геофизических задач при помощи мощных моделирующих и аналитических программ.

Применение этой и другой (Tigress, Landmark) систем позволяет на всех этапах оперативно сводить, анализировать материалы различных исследований с целью создания и совершенствования геолого-геофизической модели залежи и выбора наиболее оптимального по экологическим последствиям варианта ее разработки.

Гибкость, открытость таких систем как ARC/INFO, совместимость со многими программными продуктами позволяет легко адаптироваться к прикладным задачам. В частности, использование в такой среде известных или разрабатываемых алгоритмов по обработке данных о состоянии воздушного бассейна, поверхностных и подземных вод, почв дает возможность выявления закономерностей и прогнозирования изменений экологической ситуации в зависимости от показателей разработки, бурения, методов добычи и транспортировки нефти на территории разрабатываемого месторождения.

В настоящее время многие отечественные научные организации разрабатывают программное обеспечение для ГИС, нацеленное для решения геэкологических задач. Так, сотрудниками Вычислительного центра СО РАН и ТОО "Экос" разработаны алгоритмы решения уравнения переноса-диффузии компонентов-примесей. На основе алгоритмов сформированы комплексы прикладных программ для моделирования загрязнения воздушных и водных объектов и разработана также технология создания открытых ГИС-приложений, интегрированных в информационные сети. НИЦ "Природопользования", созданный при правительстве Ленинградской области, разрабатывает автоматизированную информационную систему (АИС) "Природопользование и экологическая безопасность", охватывающую вопросы общей характеристики территории, загрязнения природной среды, здоровья населения, эколого-хозяйственного зонирования, мониторингового контроля радиационного загрязнения и др. Институт ВСЕГИНГЕО работает над интеграцией геоинформационных систем с методами математического моделирования движения подземных вод и процессов их химического и теплового загрязнения с целью изучения и охраны гидролитосферы. Для решения прогнозных задач во ВНИИгеосистем разработана ГИС ИНТЕГРО, обеспечивающая обработку и интегрированный анализ геоинформации для составления электронных геэкологических карт. Совместно с ВИЭМС на базе ГИС ИНТЕГРО составляются карты экологических условий освоения минерально-сырьевой базы России [9].

Успешное использование системы, позволяющей обрабатывать данные по геологии, геофизике, разработке месторождений, загрязненности воздуха, почв, гидросферы, здоровью населения, возможно лишь в условиях единого информационного пространства. Система используется для всех подразделений нефтедобывающего предприятия,

обеспечивая сбор данных и принятие решений. Создание такого пространства может быть реализовано путем объединения в единую компьютерную сеть всех объектов предприятия с использованием кабельных и модемных каналов связи и ведения единого банка данных. Такая сеть активно создается на предприятии ОАО "Оренбургнефть".

Заключение

Практическая реализация автоматизированной технологии СГМ должна обеспечить получение на всех стадиях геологоразведочного процесса и разработки нефтяных месторождений геолого-геофизической и технической информации, позволяющей не только принимать ответственные инженерные решения, но и осуществлять рациональное природопользование, минимизируя воздействия на ОС. Автором и под его руководством разработаны модели СГМ на конкретных площадях, находящихся на различных стадиях освоения нефтяных ресурсов. Это Лиманная площадь (поисковый этап), Колганское месторождение (разведочный этап) и Конновское месторождение (разработка). Новые оригинальные модели и рекомендации стали возможны в результате реализации интеллектуальных ресурсов, в то время как автоматизированные технологии и программные комплексы не могли быть использованы из-за отсутствия в регионе единого информационного пространства и недостаточности финансирования. С 2001 года в планах НИР ОАО "Оренбургнефть" предусмотрена тема "Апробация технологий сквозного геоэкологического мониторинга на перспективных площадях, разведываемых и эксплуатируемых месторождениях и при доизучении структур и месторождений". При ее выполнении открывается возможность использования интеллек-

туальных ресурсов, автоматизированных систем и программных комплексов – экспертных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакаев А.А. и др. Методы организации и обработки баз знаний. - М., Наука, 1993.
2. Бугаец А.Н., Вострокнутов Е.Н., Вострокнутова А.И. Применение экспертных систем в геологическом прогнозировании. Математические методы и автоматизированные системы в геологии. / Обзор ВНИИ экон. минер. сырья и геологоразвед. работ (ВИЭМС), 1986.
3. Экспертные системы. Инструментальные средства разработки. - Санкт-Петербург, 1996.
4. Методика расчета валовых выбросов загрязняющих веществ при сжигании газовых и газоконденсатных смесей на факельных установках. - М., 1995.
5. Гацков В.Г., Хурсик В.З., Баканин С.Е. и др., Сквозной геоэкологический мониторинг – технология решения экологических проблем при поисках, разведке и разработке нефтяных месторождений. / Премия имени академика И.М. Губкина № 27 от 21.02.92. - М., 1992.
6. Аксенов А.А., Гацков В.Г., Дулепов И.А., Курочкин В.С., Макаловский В.В. Результаты комплексных аэро-космогеологических и нефтегазопроисковых работ на территории Пермского Приуралья. // Геология нефти и газа, 1983, № 11.
7. Аксенов А.А., Гацков В.Г., Стасенков В.В. Опыт комплексирования аэрокосмических и геолого-геофизических исследований при нефтегазопроисковых работах на примере Пермского Прикамья. / Обзор. серия Нефтегазовая геология и геофизика. - М., ВНИИОЭНГ, 1984.
8. Системное моделирование при изучении верейской газонефтяной залежи Асюльского месторождения по комплексу геофизических, аэрокосмических и промысловых данных. / Калабин С.Н., Бухман С.Х., Гацков В.Г., Хурсик В.З./ Тезисы III Всероссийской конференции "Системный подход в геологии". - М., 1989.
9. Черемисина Е.Н., Кочетков М.В., Ларикина О.И. ГИС-технологии при составлении электронных геоэкологических карт // Отечественная геология, № 11, 1996.