

На интенсивно протравленных поверхностях граней пирита установлены тончайшие корковидные и пленочные образования преимущественно оксидов и гидроксидов Fe, связанных с окислительными процессами. Цвет поверхности пирита связан с интерференцией света на пленочных образованиях и определяется их минеральным составом и толщиной. Установленный минеральный состав и толщина пленочных образований позволяет целенаправленно проводить облагораживание низкосортного материала.

Авторы выражают признательность за помощь в проведении исследований к.г.-м.н. И.С. Наумовой, к.г.-м.н. Н.И. Чистяковой, Н.Н. Кривошекову.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабошкин, Е.Ю. Новая стратиграфическая схема нижнего апта Среднего Поволжья / Е.Ю. Барабошкин, И.А. Михайлова // Стратиграфия. Геологическая корреляция. Т. 10. — 2002. — № 6. — С. 82–105.
2. Барабошкин, Е.Ю. Палеография Восточно-Европейской платформы и ее южного обрамления в раннем мелу / Е.Ю. Барабошкин // Серия аналитических обзоров «Очерки по региональной геологии России». Вып. 1. — М.: Изд. Геокарт. ГЕОС, 2005. — С. 201–232.
3. Буканов, В.В. Цветные камни // Энциклопедия / В.В. Буканов. — СПб, 2008. — 416 с.
4. Петроченков, Д.А. Камнесамоцветное сырье Ульяновской области // Горный информационно-аналитический бюллетень / Д.А. Петроченков. — М.: МГУ, 2006. — № 5. — С. 319–323.
5. Петроченков, Д.А. Септариит Ульяновской области как поделочно-ювелирный материал / Д.А. Петроченков / Новые идеи в науках о Земле: Сб. докладов VIII Междунар. конф. — Т. 4. — М.: РГГРУ, 2007. — С. 149–152.
6. Петроченков, Д.А. Сенгилит — новый вид ювелирно-поделочно-го материала / Д.А. Петроченков / Новые идеи в науках о Земле: Тезисы докладов X Междунар. конф. — Т. 1. — М.: РГГРУ, 2011. — С. 159.

© Петроченков Д.А., Ружицкий В.В., 2018

Петроченков Дмитрий Александрович // p-d-a@mail.ru
Ружицкий Владимир Васильевич // vims@df.ru

УДК 550.81:004

**Бударина Т.В., Антипова А.П., Миронова Е.В.,
Леонов С.С. (АО «Росгеология», АО «ВНИГРИуголь»)**

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ПОИСКОВОЙ СТАДИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА УГОЛЬ

*Представлены возможности трехмерного геологического моделирования в среде ArcGIS угольных объектов (участков поисковых работ) Южно-Якутского бассейна и Восточного Донбасса. Описана информационная технология моделирования, основой которой являются фактографическая база данных по скважинам и двухмерные цифровые модели. Построенные трехмерные модели могут использоваться для уточнения геологического строения угленосной толщи и количественной экспресс-оценки ресурсов угля при выделении лицензионных участков. **Ключевые слова:** угольный объект, трехмерное моделирование, информационная технология, база данных, геологическое строение, ресурсы угля.*

Budarina T.V., Antipova A.P., Mironova E.V., Leonov S.S.
(Rosgeologiya, VNIGRUgol)

EMPLOYMENT OF 3-D MODELING AT THE SEARCH STAGE OF GEOLOGICAL-PROSPECTING WORKS ON COAL

*The possibilities of 3-D geological modeling in the environment ArcGIS of coal objects (plots of search works) of the South-Yakutian basin and Eastern Donbas are presented. The informational technology of modeling based on the factographic database on boreholes and 2-D digital models is described. The constructed 3-D models can be used for amplification of geological structure of coal-bearing strata and quantitative express-estimation of coal resources at allotting of licence plots. **Keywords:** coal object, 3-D modeling, informational technology, database, geological structure, coal resources.*

Поисковая стадия геологоразведочных работ обеспечивает получение комплекса геологических, геофизических и качественных характеристик угля, на основе которых разрабатываются геологические модели (двухмерные и трехмерные) участков работ (месторождений). Одной из характерных особенностей геологических моделей поисковой стадии является то, что они создаются на основе ограниченного объема информации, обусловленного стадийностью работ.

Во ВНИГРИуголь в течение ряда лет проводились работы по созданию трехмерных моделей участков поисковых работ, выполненных за счет средств федерального бюджета.

Трехмерное моделирование осуществлялось на основе информационной технологии, разработанной в институте с применением Регламента по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений, функциональных возможностей программного комплекса ArcGis компании ESRI и ранее выполненных работ по созданию баз данных [1, 2, 4, 5].

На физическом уровне технология реализована с помощью геоинформационной системы ArcGis 9.3.1, программных модулей, разработанных в ГИС ArcView 3.2 и фактографической базы данных по скважинам, созданной в среде Microsoft Access 2003.

Основной целью технологии является следующее — создание цифровых моделей, обеспечивающих наглядное отображение пространственного размещения угольных пластов, маркирующих горизонтов и разрывных нарушений, а также характеристик геологического строения и угленосности объекта для подсчета/оценки запасов/ресурсов углей.

Исходя из цели, определена информация, необходимая для построения трехмерных моделей угольных объектов:

— общие сведения, включающие координаты и абсолютные отметки устьев и забоев скважин, пересечений угольных пластов, маркирующих горизонтов и основных стратиграфических подразделений;

— структурно-морфологические показатели, характеризующие условия залегания пластов, их мощность и строение;

— вещественно-технологические данные, включающие результаты лабораторных анализов угольных пластов и вмещающих пород;

— картографические материалы (топографическая основа проведенных геологоразведочных работ; геологические карты района работ и прилегающих территорий; гипсометрические планы угольных пластов; планы оценки ресурсов).

Информационная технология моделирования включает в себя следующие процедуры (группы задач):

— создание двухмерных цифровых моделей по участку работ;

— создание и наполнение фактографической базы данных по скважинам;

— построение структурно-стратиграфического каркаса (*каркасной и сеточной моделей*) угольного объекта для отображения складчатой и разрывной тектоники;

— построение *интерполяционных моделей* основных характеристик угольных пластов (залежей) — мощности, структуры, качества угля;

— оценка (подсчет) количества ресурсов (запасов) угля;

— создание *пространственной трехмерной модели* угольного объекта.

Для создания двухмерных цифровых моделей выполняется сбор картографического материала по участку работ, сканирование выбранных источников и векторизация в среде ArcGIS. Созданные векторные данные (слои) хранятся в базе геоинформационных данных (формат gdb).

Второй этап предусматривает ведение фактографической базы данных по скважинам, содержащей информацию, используемую при построении трехмерных моделей. Это послышное описание литологических разностей пород, инклинометрические замеры и результаты анализа проб угля. Для определения истинных пространственных отметок (X, Y, Z) элементов моделируемых геологических объектов используются данные скважинной инклинометрии. По этим данным вычисляются координаты пересеченных скважинами геологических тел — литологических слоев, угольных пластов. В фактографической БД выполняется проверка данных, подготавливается информация для моделирования и формируются таблицы координат точек замера инклинометрии, параметров угольных пластов, маркирующих горизонтов и стратиграфических подразделений.

Параметры угольных пластов — абсолютная отметка поверхности почвы пласта, мощность общая и полезная, угол падения, зольность горной массы и угля (A^d), кажущаяся плотность горной массы и угля являются обязательными для построений, а остальные показатели — выход летучих веществ (V^{daf}), толщина пластического слоя (y), сера общая (S^d), теплота сгорания и т.д. могут дополняться при наличии данных. Количество параметров не ограничено. *Параметры маркирующих горизонтов и стратиграфических подразделений* — индекс (синонимика), абсолютная отметка почвы и мощность маркирующего горизонта и стратиграфического подразделения.

На основе векторных слоев и базы данных по скважинам, созданных на первом и втором этапах, выполняется построение структурно-стратиграфического каркаса — моделей угольных пластов, маркирующих горизонтов, разрывных нарушений и угленосных отложений.

Основным средством моделирования являются сеточные модели, представляющие собой связную двухмерную пространственную совокупность прямоугольных элементарных ячеек заданных размеров (50×50, 100×100, 250×250). Размер ячейки подбирается опытным путем и обычно зависит от площади участка. Чем больше площадь, тем больше размер ячейки, но в целом ограничение связано со скоростью отображения количества ячеек характеристиками компьютера.

Для создания сеточной модели угольного пласта используется гипсометрическая поверхность его почвы, на которую интерполируется сетка с заданным шагом.

Построение сеточной модели угольного пласта реализовано с использованием различных модулей программного комплекса ArcGis — ArcToolbox, Geostatistical Analyst, 3D Analyst [1]. Модуль Geostatistical Analyst используется при построении GRID-моделей, представляющих собой регулярную матрицу значений высот, полученную при интерполяции исходных данных. Интерполяция в основном выполняется методом кригинга (Universal Kriging). GRID-модели соединяются с ячейками сеточной модели.

С помощью модулей ArcToolbox и Geostatistical Analyst проводится заполнение ячеек сеточной модели интерполированными значениями параметров угольных пластов/маркирующих горизонтов, в результате получаются *интерполяционные модели*.

Процесс построения *интерполяционных моделей* основных характеристик угольных пластов (залежей) по площади распространения угольного пласта является интерактивным и позволяет оперативно пересчитывать значения характеристик с другими параметрами интерполяции и сопоставлять полученные модели между собой.

Созданные модели позволяют отразить строение, условия залегания угольного пласта и показать характер распределения рассчитанных показателей качества угля на площади участка. По сеточной модели в среде ArcGIS можно выбирать области распространения заданных значений показателей и их сочетаний, что позволяет определить наиболее пригодные для дальнейшего изучения или обработки участки.

Следующий этап моделирования — оценка (подсчет) количества ресурсов (запасов) угля. Предлагаемый способ расчета аналогичен способу объемной палетки проф. П.К. Соболевского, который позволяет подсчитывать объемы и запасы по изолиниям мощности. Объемная палетка представляет собой кальку с равными квадратами и объем угольной залежи определяется как произведение из суммы мощностей в центрах квадратов палетки на площадь одного квадрата палетки [3]. Сеточная модель представляет собой фактически объемную палетку, поэтому авторами был

применен подход проф. П.К. Соболевского к подсчету объема угольной залежи.

Для определения количества прогнозных ресурсов на основе сеточных моделей были применены формулы, общепринятые для оценки ресурсов угля [3]. Количество ресурсов определяется по каждой ячейке, которой присвоены интерполированные значения мощностей угля и породы, кажущейся плотности угля и породы, угла падения пласта. Площадь ячейки сеточной модели равна площади квадрата, если ячейка 100x100 м, то площадь — 10 000 м². Угол падения пласта в каждой ячейке находится с помощью инструмента «Анализ поверхности» набора инструментов 3D Analyst по результатам интерполяции исходных данных. Для расчетов используется коэффициент достоверности, который изменяется от 0,5 до 1 и устанавливается авторами оценки ресурсов традиционным способом — исполнителями поисковых работ в зависимости от особенностей участка: количества пробуренных скважин, сложности геологического строения.

Оценка прогнозных ресурсов производится по породе и углю, соответственно в формуле участвуют значения мощности и кажущейся плотности породы или угля. Количество прогнозных ресурсов по горной массе получается в результате суммирования ресурсов породы и угля.

Полученные значения ресурсов по ячейкам суммируются в пределах площадей для оценки прогнозных ресурсов участка, и в результате получены значения общего количества прогнозных ресурсов по различным площадям и блокам участка поисковых работ.

Оконтуривание площадей для оценки прогнозных ресурсов и выделение геологических блоков в данной технологии пока не реализовано, поэтому при расчетах применялись контуры, выделенные авторами традиционного подхода к оценке прогнозных ресурсов — исполнителями организации, выполнявшей поисковые работы.

На заключительном этапе моделирования создается *пространственная трехмерная модель* угольного объекта, включающая в себя сеточные модели рельефа, стратиграфических подразделений (возраста отложений), угольных пластов, разрывных нарушений и модели трассы скважин.

С помощью программных модулей, разработанных в среде ArcView 3.2, создаются модели трассы скважин — трехмерный линейный shp-файл, отражающий пространственное положение оси скважины с точками (отметками) местоположения пробуренных отложений и пластопересечений. Для просмотра *трехмерной модели* угольного объекта создаются файлы формата sxd: рельеф, возраст, угольные пласты и загружаются в приложение ArcScene, обеспечивающее трехмерное отображение объектов. Созданные модели можно просматривать в различных сочетаниях — рельеф и угольные пласты, рельеф и возраст и т.д.

Геологическое моделирование угольных объектов (угольных пластов, известняков, участков) выполня-

лось по двум объектам поисковых работ Токинского угленосного района Южно-Якутского бассейна — западной части Приграничной площади (2014 г.) и Ундытканской площади (2016 г.) и двум объектам Каменско-Гундоровского угленосного района Восточного Донбасса — северной части Восточной Каменской площади (поисковые работы, 2012 г.) и Михайловском Южном участке (поисково-ревизионные работы, 2014 г.).

Объекты представляют собой участки 1-й и 2-й групп сложности геологического строения с моноклиналим залеганием пластов нарушенной структуры. Угольные пласты тонкие и средней мощности, простого и сложного, иногда очень сложного строения, от выдержанных до невыдержанных по мощности и строению, с наличием размывов, выклиниваний и расщеплений. Угли пластов по степени углефикации представлены каменными, в том числе спекающимися марками и антрацитами, по качеству угля — от мало-зольных до повышеннозольных.

Приграничная площадь расположена на востоке центральной части Токинского угленосного района. В геологическом строении западной части площади принимают участие юрские угленосные отложения — верхняя часть дурайской (J₂dr), кабактинская (J₃kb) и беркакитская (J₃br) свиты. Структура площади представляет пологую моноклинал с погружением в южном направлении. В южной части площади моноклинал осложнена двумя пологими складками. На площади установлено 4 разрывных нарушения сбросового, взбросового характера с амплитудой от 7–10 до 55 м северо-западного, субширотного направлений и надвиг с горизонтальной амплитудой 350 м и вертикальной — 35–38 м.

Породы угленосного комплекса залегают под углом 1–3°. По результатам работ установлено 101 углепроявление, в том числе мощностью более 0,7 м — 36 угольных пластов. Мощность тонких пластов изменяется в пределах 0,72–1,10 м, средней мощности от 1,28 м до 2,57 м. Для трехмерного моделирования выбраны угольные пласты, развитые в основном на всей площади: в дурайской свите — D₂₇, в кабактинской свите 6 пластов — K₃₂, K₂₈, K₂₇, K₁₃, K₁₀, K₆ и в беркакитской свите 3 пласта — Б₉, Б₃, Б₂.

Площадь участка составляет 357,82 км². Общее количество скважин, участвующих в построениях моделей — 42, в том числе 11, пройденных в 1991–1996 гг. и 31 — в 2012–2014 гг., из них 12 поисковых скважин и 19 мелких заверочных скважин на выходах пластов. Количество скважин, подсекших конкретный пласт различное — от 5 (пласт Б₃) до 20 (пласт K₂₈).

Для создания сеточной модели рельефа была использована топографическая поверхность, на которую была интерполирована сетка с шагом 500×500 м. Сеточные модели стратиграфических подразделений созданы с использованием сетки с шагом 250×250 м, а угольного пласта — с шагом 100×100 м.

По данным геологических разрезов и гипсопланов угольных пластов построены цифровые модели 5 раз-

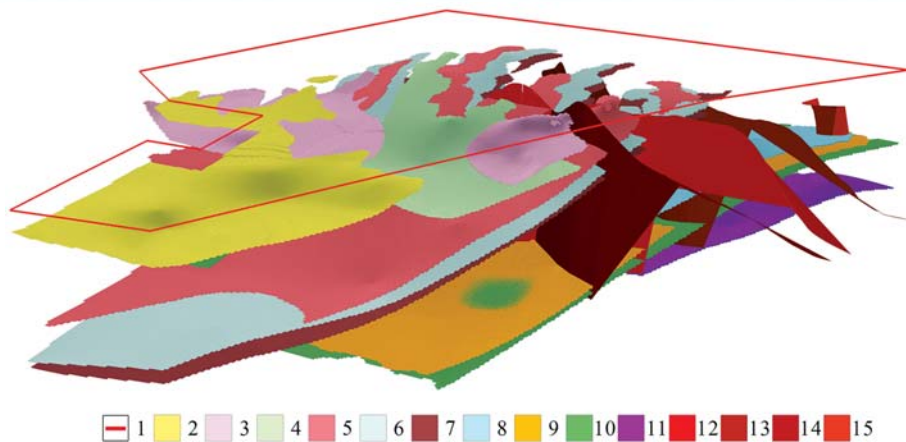


Рис. 1. Трехмерная модель западной части Приграничной угленосной площади: 1 — граница площади; угольный пласт: 2 — B_9 , 3 — B_3 , 4 — B_2 , 5 — K_{32} , 6 — K_{28} , 7 — K_{27} , 8 — K_{13} , 9 — K_{10} , 10 — K_6 , 11 — D_{27} ; разрывное нарушение: 12 — 1, 13 — 2, 14 — 4, 15 — 5

рывных нарушений, секущих угольные пласты на несколько блоков.

Сеточные модели 10 угольных пластов верхней части дурайской свиты, кабактинской и беркаakitской свит, построенные по отметкам пластов в скважинах и дополнительным точкам, снятым с геологических разрезов, образовали структурно-стратиграфический каркас площади в виде пологой моноклинали с синклиналью и антиклиналью в южной части площади (рис. 1).

На основе сеточных моделей угольных пластов были выполнены расчеты количества прогнозных ресурсов по 10 угольным пластам. Самое близкое схождение значений отмечается для пласта K_{32} по углю (разница 4 %) и по горной массе для пласта D_{27} (разница 1,5 %), а максимальное расхождение по пласту K_{13} — по углю (разница 30,4 %) и по горной массе (разница 36,7 %), если значения отрицательные, то это означает, что по сеточным моделям ресурсов меньше. Большие отклонения от данных, рассчитанных традиционным путем, связаны с тем, что в наших расчетах участвуют все данные, а не только кондиционные и значения кажущейся плотности угля рассчитывались по сеточным моделям, а не приняты как у авторов подсчета.

Ундытканская площадь расположена в центральной части Токинского района, на востоке от Приграничной площади, примыкая к ней.

В геологическом строении Ундытканской площади принимают участие юрские отложения в составе дурайской (J_{2dr}), кабактинской (J_{3kb}), беркаakitской (J_{3br}) и нерюнгринской (J_{3nr}) свит. Породы

угленосного комплекса залегают моноклинали с погружением в юго-западном направлении под углом 2–4°. Залегание пород угленосной толщи осложнено 4 разрывными нарушениями сбросового и взбросового характера, в южной части — двумя пологими складками — синклинальной и антиклинальной. Нарушения северо-западного и субширотного простирания с крутым падением плоскости разрыва под углом 80° к юго-западу и амплитудой смещения от 25–40 м до 115–125 м.

Площадь участка — 164,7 км². Трехмерные модели построены по 16 скважинам поисковой стадии работ 2014–2016 гг.

На основе двухмерных цифровых моделей построены сеточные модели 11 угольных пластов D_{28} , K_{32} , K_{31} , K_{30} , K_{28} , K_{27} , K_6 , B_9 , B_5 , B_3 , B_2 . Для создания сеточной модели угольного пласта была использована гипсометрическая поверхность его почвы, на которую была интерполирована сетка с шагом 100x100 м. По данным геологических разрезов построены модели 4 разрывных нарушений. На рис. 2 показано положение трех угольных пластов — B_9 беркаakitской, K_{32} кабактинской, D_{28} дурайской свит и разрывных нарушений.

Интерполяционные модели по каждому из угольных пластов построены по значениям зольности пластовой и угольных пачек, мощности общей и угольных пачек, выхода летучих веществ (V^{daf}), толщины пластического слоя (y). По сеточным моделям каждого угольного пласта выбраны основные параметры угольных пластов и

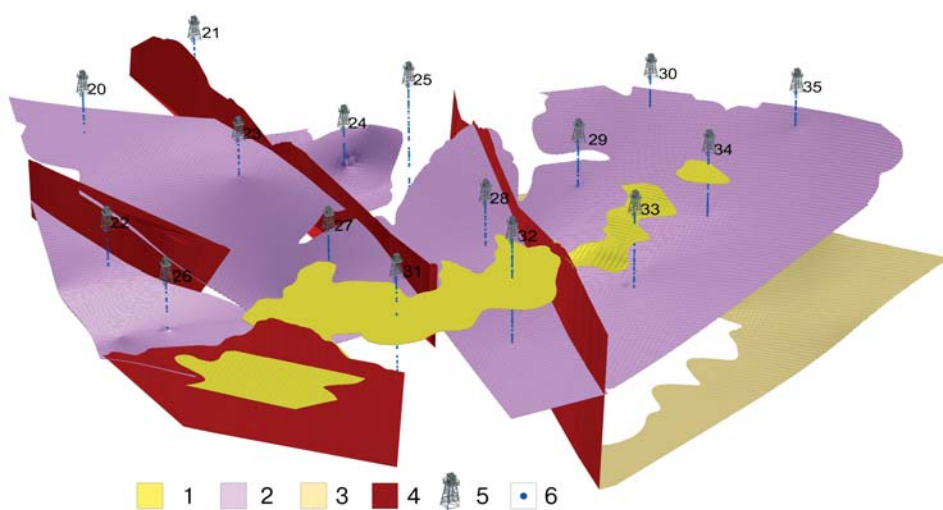


Рис. 2. Цифровые сеточные модели угольных пластов B_9 , K_{32} , D_{28} Ундытканской площади. Угольные пласты: 1 — B_9 , 2 — K_{32} , 3 — D_{28} ; 4 — разрывное нарушение; 5 — устье скважины; 6 — отметка подсечения пласта

выполнено сопоставление с замеренными значениями в скважинах. В основном интерполированные значения близки к замеренным, но по некоторым пластам (B_2 , B_3) расхождения значительные, т.к. взяты в расчет все значения параметров, а не кондиционные, т.е. мощность 0,12 или 0,37 м участвуют в расчетах.

Определение количества ресурсов выполнено по 11 угольным пластам, проведено сопоставление результатов расчетов количества прогнозных ресурсов, подсчитанное по сеточной модели и традиционным способом. Самое близкое сходжение значений отмечается для пластов B_9 , K_{32} , K_{28} , K_6 по углю (разница 0,2–2,1 %) и для пласта B_9 по горной массе (разница 0,75 %).

По некоторым пластам получены большие расхождения по количеству ресурсов (48–54 %), например, по B_2 и B_3 , что связано с тем, что нами принята для расчетов площадь распространения пласта в границах лицензии без учета блоков, в пределах которых ресурсы не оценивались традиционным способом и в расчете участвуют все значения мощностей по скважинам, пересекающим пласт.

В целом по участку количество ресурсов, посчитанное на основе сеточных моделей по горной массе и по углю больше на 5 %, чем подсчитанное традиционным методом.

Положение угольных пластов в разрезе кабактинской и беркамитской свит, а также изученной части дурайской свиты, отражено на рис. 2.

Северная часть Восточной Каменской площади

Участок расположен в восточной части Каменско-Гундоровского угленосного района, на территории Каменского административного района Ростовской области. Площадь участка составляет 30 км² при протяженности по простиранию 10 км, вкрест простирания — 3 км.

Общее количество скважин, участвующих в построениях — 58, в том числе 5, пробуренных на площади участка в 2010–2012 гг., 8 — в 1953–1954 гг., а остальные скважины расположены на соседних участках.

Основным структурным элементом площади является Задонецкая синклинали. Углы падения пластов в пределах северного крыла Задонецкой синклинали составляют 15–35°, в пределах южного крыла изменяются от 12 до 75–80°. На юге площадь ограничивается Белокалитвенским надвигом, имеющим меридиальное простирание, южное падение и амплитуду смещения 40–80 м. Для отображения геологической структуры участка были построены сеточные модели известняков K_1 , K_7 , L_1 , L_7 , M_1 , являющихся маркирующими горизонтами угольных пластов i_3 белокалитвенской свиты (C_2^4), k_1 и k_2^H каменской свиты (C_2^5) среднего карбона, перспективных для промышленного освоения. Угольный пласт i_3 в основном сложного строения, мощность по сумме угольных пачек изменяется от 0,89 до 1,33 м, по пласту — от 1,10 до 1,50 м, пласты k_1 и k_2^H имеют на большей части поисковой площади мощность 0,60 м и более.

С помощью модуля 3D Analyst построена секущая плоскость Белокалитвенского надвига, что позволило

отобразить взаиморасположение Задонецкой синклинали и Белокалитвенского надвига.

Сеточные модели угольных пластов созданы с шагом 50×50 м.

Прогнозные ресурсы оценены по угольным пластам i_3 , k_1 и k_2^H с использованием сеточных моделей. Каждой ячейке сеточной модели по пласту были присвоены значения мощности пластовой, мощности угольных пачек, угла падения, зольности угля (горной массы) сухого топлива (A^d), серы общей (S^d) угля (горной массы) и рассчитано количество ресурсов угля.

В основном количество прогнозных ресурсов по сеточным моделям близко к оцененным традиционным способом, кроме i_3 (на 25 % меньше), что связано с тем, что в расчетах участвуют все значения пластопересечений, поэтому меньше средняя мощность ячейки.

Участок поисково-ревизионных работ Михайловский Южный расположен в северо-западной части Каменско-Гундоровского угленосного района, на территории Каменского административного района Ростовской области. Общая площадь участка — 19 км².

На территории участка проведены поисковые работы на уголь, предварительная и детальная разведки, доразведка. Практически вся площадь южнее участка поисково-ревизионных работ, за исключением незначительного участка, включающего южное крыло Северо-Каменской синклинали, покрыта детальная разведка различного времени производства.

В структурном плане Михайловский Южный участок расположен в западной части северного крыла Северо-Каменской синклинали. С севера участок поисково-ревизионных работ ограничивает Михайловский надвиг, с юга — Алмазный (Каменский) надвиг. В западной части участка выявлены три дизъюнктивных нарушения надвигового характера с амплитудами 10–60 м. В моделировании участвовали 72 скважины, в том числе 69 скважин предшествующих периодов изучения (1955–1958 гг.) и 3 скважины, пробуренные в 2012–2014 гг.

В геологическом строении участка принимают участие каменноугольные отложения белокалитвенской (C_2^4), каменской (C_2^5), алмазной (C_2^6) и горловской (C_2^7) свит и породы верхнемелового и четвертичного возрастов. Для построения цифровых моделей маркирующих горизонтов выбраны известняки белокалитвенской свиты (C_2^4) — I_4^1 , каменской свиты (C_2^5) — K_1 , K_7 , алмазной свиты (C_2^6) — L_1 , исходя из наличия и количества (>10 подсечений в скважинах) исходных данных.

С помощью модуля 3D Analyst построены секущие плоскости Алмазного, Михайловского надвигов с учетом углов падения сместителя в виде полигонов. Промышленная угленосность Михайловского Южного участка связана в основном с развитым на всей площади угольным пластом i_3 свиты C_2^4 . Угольные пласты k_1 , k_2^1 и k_5 свиты C_2^5 , выявленные на отдельных площадях, являются также перспективными для освоения. Исходя из этого, построены трехмерные модели угольных пластов i_3 , k_1 , k_2^1 и k_5 .

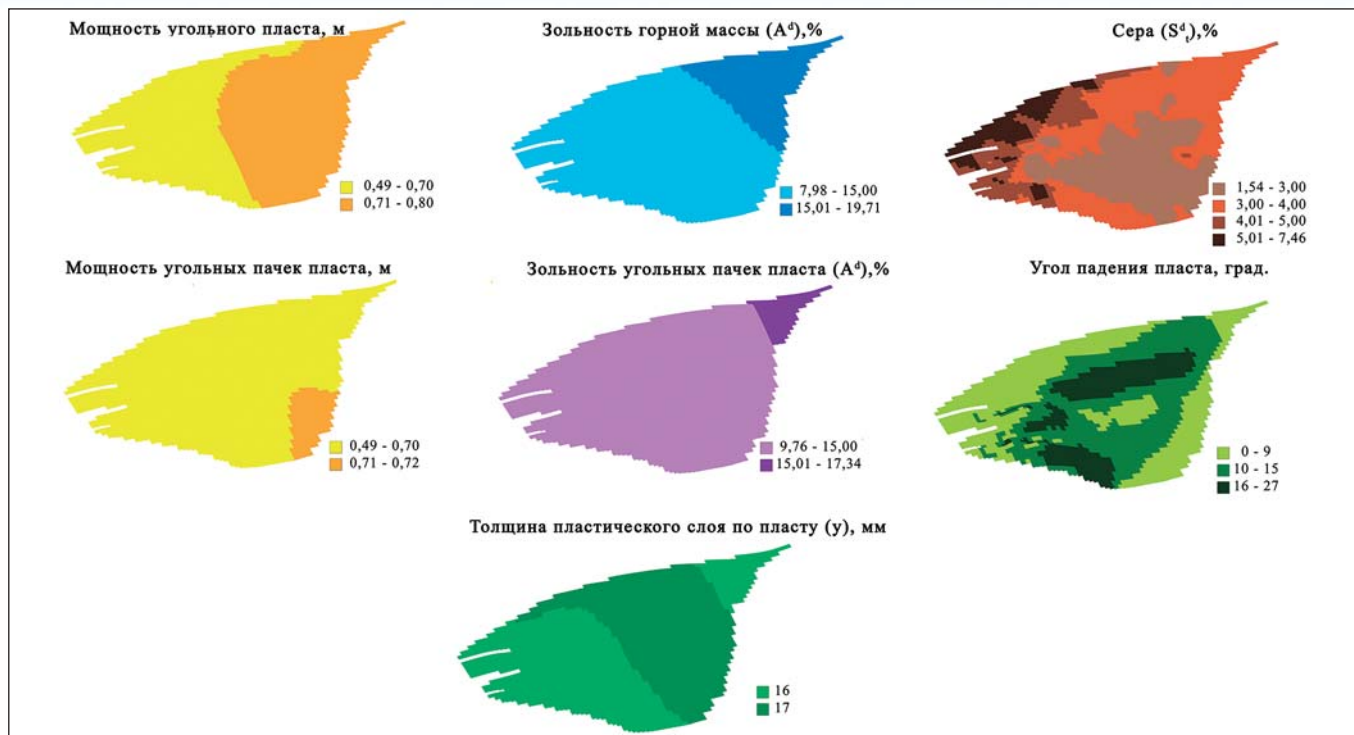


Рис. 3. 3D-модель распределения параметров пласта k_2^1 Михайловского Южного участка Восточного Донбасса

Сеточные модели известняков и угольных пластов созданы с шагом 100×100 м. По сеточным моделям выполнено моделирование распределения мощности пласта, угла падения пород, зольности (A_d), серы (S_d), выхода летучих веществ (V_{daf}), толщины пластического слоя (y). Угольный пласт k_2^1 по сеточной модели угольного пласта в пределах участка изменяет свою мощность от 0,49 до 0,8 м; мощность угольных пачек — от 0,49 до 0,72 м. Зольность горной массы изменяется от 7,98 до 19,71 %, зольность угольной массы — от 9,76 до 17,34 %. Содержание серы составляет 1,54–7,46 %, выход летучих веществ — 37,14–37,54 %. Толщина пластического слоя колеблется в пределах 16–17 мм. Угол падения пласта изменяется от 0 до 27°. На рис. 3 показано распределение вышеперечисленных показателей по пласту k_2^1 .

На основе сеточных моделей угольных пластов были выполнены расчеты количества прогнозных ресурсов угля. Для проверки значений количества ресурсов в зависимости от количества скважин, участвующих в расчетах, созданы цифровые модели угольных пластов i_3 , k_1 , k_2^1 и k_5 в двух вариантах: первый — без учета скважин, пробуренных в ходе поисково-ревизионных работ и второй — с учетом этих скважин. В основном по всем пластам наблюдается увеличение количества ресурсов, подсчитанных по второму варианту.

В результате сравнения расчетов количества прогнозных ресурсов, подсчитанных по сеточной модели и традиционным способом отмечено следующее: самое близкое схождение значений отмечается для пласта k_1 по углю, разница +0,8 % с учетом поисково-ревизионных скважин и без учета — 0,4 %, по горной

массе по пласту k_2^1 +0,3 % с учетом поисково-ревизионных скважин +1,4 — без учета.

Таким образом, в процессе выполнения работ было выполнено:

- создание сеточных моделей объектов;
- моделирование мощности и показателей качества угольных пластов;
- расчет количества ресурсов углей в ячейках сеточной модели;
- 3D моделирование пространственного положения (визуальное объемное отображение) геологических поверхностей.

Построенные трехмерные модели позволили отобразить геологическое строение поисковой площади: морфологию, условия залегания, особенности тектоники и рассчитать ориентировочные прогнозные ресурсы угля.

Выводы

1. На поисковой стадии работ предусматривается небольшое количество скважин, тем не менее, возможно построение трехмерных моделей (минимальное количество пластопересечений — 10, это достаточно для моделирования).

2. Созданные трехмерные модели угольных объектов на поисковой стадии работ обеспечивают:

- систематизацию и агрегирование цифровых данных по участку работ в единой информационной среде с использованием фактографической базы данных, базы геоданных и цифровых моделей (карт);
- наглядное отображение поверхностей пластовых тел в 3D формате для уточнения структуры и условий залегания угольных пластов;
- построение разномасштабных моделей отдельных геологических параметров: мощности, зольности, вы-

хода летучих веществ и других параметров, характеризующих угольные пласты для определения характера их распределений на площади участка;

— оперативное ориентировочное определение количества ресурсов угля и горной массы по угольным пластам и участку в целом для определения перспективности объекта.

3. Для выполнения геологоразведочных работ на высоком уровне необходимо дальнейшее развитие технологии трехмерного моделирования угольных объектов и внедрение ее в практику ведения ГРП в качестве вспомогательного инструмента при камеральных работах.

4. Трехмерные модели угольных объектов открыты для пополнения и изменения, что позволяет применять их на последующих стадиях работ, вплоть до эксплуатации объекта, создавая действующие модели угольных объектов и месторождения в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. ArcGis 9 Geostatistical Analyst. Руководство пользователя. — ESRI, 2001 — 278 с.
2. Журбицкий, Б.И. Информационная технология геологического моделирования угольных месторождений на основе баз данных по скважинам для подсчета запасов и оценки ресурсов / Б.И. Журбицкий, В.Н. Микерова, Т.В. Бударина, В.Н. Фролов. / Проблемы геологии, планетологии, геоэкологии и рационального природопользования // Сб. Междунар. науч.-практ. конф. — ЮРГТУ, Новочеркасск, 2011. — С. 140–146.
3. Изаксон, С.С. Методика подсчета запасов угольных месторождений / С.С. Изаксон. — М.: Госгортехиздат, 1960. — 373 с.
4. Погребнов, Н.Н. Система оперативного моделирования в среде АРМ-геолог / Н.Н. Погребнов, В.В. Трощенко, Т.В. Бударина // Сб.: Геология угольных месторождений. — Екатеринбург, 1996. — С. 117–123.
5. Регламент по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений. РД 153–39.0-047-00 (утв. Приказом Минтопэнерго РФ от 10.03.2000 N 67).

© Коллектив авторов, 2018

Бударина Татьяна Валентиновна // budarina.tv@mail.ru
Антипова Анна Павловна // antipova_a.p@mail.ru
Миронова Евгения Витальевна // mironovarovostov@mail.ru
Леонов Сергей Семенович // leo_ss55@mail.ru

УДК 551.35:550.834.8(261)

Верба М.Л., Иванов Г.И. (ОАО «МАГЭ»)

ПРОГНОЗЫ И ОТКРЫТИЕ НЕФТИ НА ШПИЦ-БЕРГЕНЕ

В начале 1990-х годов в скважинах на берегу бухты Петунья в гипсово-карбонатных отложениях каменноугольного возраста был обнаружен ряд нефтяных и газовых залежей. Эти открытия привели к пересмотру имеющейся геологической информации и переоценке перспектив архипелага в нефтегазоносном отношении. Возможность новых открытий залежей углеводородов на российских участках обосновывается имеющимися данными о строении разреза, наличии в нем коллекторов и флюидоупоров, распространении проявлений нефти и газа и подтверждается региональными предпосылками и

*сопоставлениями. Показана несостоятельность традиционного скептического отношения к вероятности обнаружения здесь скоплений углеводородного сырья, что определяется в значительной мере конъюнктурными соображениями. **Ключевые слова:** Шпицберген, нефть и газ, ПМГРЭ, Севморгео, НИИГА.*

Verba M.L., Ivanov G.I. (MAGE)

FORECASTS AND OPENING OF OIL ON SPITSBERGEN

*In the early 1990 years, a number of oil and gas deposits were discovered in the wells on the bank of the Petunia bay in gypsum-carbonate deposits of Carboniferous age. These findings led to a review of the available geological information and a reassessment of the archipelago's prospects in the oil and gas bearing respect. The possibility of new discoveries of hydrocarbon deposits on Russian sites is justified on it by available data on the structure of the section, the presence of reservoirs and fluids in it, the spread of oil and gas manifestations, and is confirmed by regional prerequisites and comparisons. The inconsistency of the traditional skeptic attitude to the probability of finding clusters of hydrocarbon raw materials here is shown, which is determined to a large extent by opportunistic considerations. **Keywords:** Spitsbergen, oil and gas, PMGRE, Sevmorgeo, NIIGA.*

Краткий обзор истории геологического изучения

Исторически сложилось так, что россияне были впереди других стран в изучении северо-западного уголка Баренц-региона. В письме немецкого ученого Иеронима Мюнцера от 14 июня 1493 г. португальскому королю Жуану II впервые встречается упоминание полярного о-ва Грумланд, находящегося под властью Великого Князя Московского. Материальным доказательством факта обитания русских поморов на Шпицбергене в это время служат находки шахматных досок и фигурок, аналогичных тем, что найдены на развалинах Мангазеи, причем самая древняя из «шахматниц», обнаруженная в доме на Стаббэльве, датируется серединой XVI в. Принадлежность архипелага к России в те времена закреплено на карте Герарда Меркатора, составленной в 1569 г., на которой к северу от Скандинавии показаны в море 7 крупных островов, объединяемых общим названием «Святые Русские». Эта традиция прослеживается в работе архангелогородского промысловика Ивана Старостина, основавшего на Шпицбергене первое поселение поморов и похороненного на самом крупном из его островов. Несмотря на все экономические трудности последних лет, эта традиция сохраняется и в наши дни.

Геологическое изучение региона было начато шведской экспедицией, приступившей к систематическому изучению островов в 1860 г. В составе экспедиции в разное время работали такие видные исследователи как А.Э. Норденшельд, А.Г. Натхорст и Г. Де-Геер, концептуальные представления которых, развитые позднее О. Хольтедалем, А. Орвиным и В. Харландом, сохранились без принципиальных изменений до наших дней. В качестве ответа на активность шведов при