

В. Н. Иконников, инженер-геофизик I категории (Украинский государственный геологоразведочный институт), 104dgri@ukr.net, ORCID-0000-0003-1786-6807

О СОВРЕМЕННОМ СОСТОЯНИИ РАЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ УГОЛЬНЫХ И РУДНЫХ СКВАЖИН

В статье рассматривается современное состояние методов каротажа для исследования рудных и угольных скважин. В настоящее время разработано и применяется большое количество разнообразных геофизических методов исследования скважин, которые позволяют решать многие геологические задачи. По экономическим причинам невозможно в каждой скважине применять все известные методы. Необходимо выбрать наиболее эффективный (рациональный) комплекс геофизических методов, который позволял бы успешно решать поставленные задачи в соответствии с геологической документацией разрезов скважин и изучения геологии всего месторождения. Геологоразведочные работы на уголь и руды проводятся в регионах с различной степенью изученности и сложности геологического строения. В зависимости от этих показателей изменяются задачи исследований и их типовой комплекс. Поэтому его надо выбирать применительно к каждому угольному и рудному месторождению с его конкретными геолого-геофизическими условиями.

Ключевые слова: картаж, скважина, геофизические методы исследования, каротажный комплекс.

Геофизические методы исследования геологических разрезов скважин впервые были применены в нефтяной промышленности, а затем были перенесены в угольную, рудную и другие отрасли горного дела.

Из физических параметров пород, используемых при изучении разрезов скважин, первым была температура. В 1906 г. крупнейший русский геолог-нефтяник Д. В. Голубятников на основе термических исследований нефтяных скважин показал принципиальную возможность использования температуры для изучения разрезов скважин. Однако развитие промысловой геофизики и широкое внедрение ее в промышленность началось после изобретения в 1926 г. французским ученым К. Шлюмберже метода кажущегося сопротивления (КС

или ρ_k). По инициативе Д. В. Голубятникова и И. М. Губкина этот метод в 1929 г. успешно был опробован на нефтяных месторождениях г. Грозный. Метод кажущихся сопротивлений позволил выделять в разрезах нефтяных скважин опорные геологические горизонты, выявлять нефтеносные пласты, а также определять глубину залегания, мощность и структуру последних.

В 1931 г. К. Шлюмберже предложил новый способ электротометрии скважин, заключающийся в изучении естественных электрических полей, наблюдаемых в горных породах, пересеченных буровой скважиной. Этот способ был назван методом потенциалов самопроизвольной поляризации или методом естественных потенциалов, или потенциалов собственной поляризации пород (PS, ПС или СП).

Успешное применение методов кажущихся сопротивлений и потенциалов собственной поляризации позволило с 1932 г. в ряде нефтяных районов перейти на бескерновое бурение эксплуатационных и эксплуатационно-разведочных скважин.

В 1933 г. К. Шлюмберже предложил новый метод исследования скважин – метод вызванных потенциалов или РР (polarisatoin provoque). Однако в предложенной модификации он не дал положительных результатов. Позднее, в 1945 г., В. Н. Дахнов и А. А. Коржев разработали новую измерительную установку, получившую первоначально название электролитического каротажа (ЭК), а затем метода потенциалов вызванной поляризации пород (ВП). Этот метод оказался весьма эффективным на угольных месторождениях.

В 1935 г. Л. Я. Нестеров предложил однопроводный метод регистрации тока (РТ). Сопротивление этого заземления в значительной степени определяется сопротивлением окружающих его пород, что позволяет расчленять разрез скважины по диаграмме тока. В том же 1935 г. А. С. Семенов и О. К. Владимиров предложили метод скользящих контактов (МСК). Он позволяет исследовать сухие (без бурового раствора) рудные и угольные скважины и выявлять тонкие продуктивные пласты. Последнее является большим преимуществом перед другими электрическими методами. Метод скользящих контактов с большой точностью расчленяет структуру угольных пластов.

На кафедре промысловой геофизики Московского института нефтехимической и газовой промышленности (МИНХ и ГП) под руководством профессора В. Н. Дахнова разработали метод и микрометод сопротивления экранированного заземления – СЭЗ и микроСЭЗ. С помощью этих методов достигается значительное исключение влияния проводимости бурового раствора на величину сопротивления заземления. Методы СЭЗ, а особенно микроСЭЗ, эффективны для изучения тонкослоистых разрезов скважин.

Еще более эффективным оказался метод сопротивления заземления с фокусированным зондом (метод бокового каротажа). Его предложили и разработали Оуэн, Грир (Общество геофизических изысканий и фирма Халлибуртон) и Г. Долль (фирма Шлюмберже) в 1949–1959 гг. Данный метод имеет большие преимущества перед другими электрическими методами при изучении разрезов кавернозных скважин и тонкой структуры пластов, а также скважин, заполненных солёным буровым раствором.

Г. Долль также предложил метод микрозондов, который использовали для исследования тонкой структуры угольных пластов в некавернозных скважинах и отбивки контактов крутопадающих пластов. В 1948 г. в фирме Шлюмберже (Г. Долль) создали метод индуктивного исследования скважин, широко используемый за рубежом для изучения сухих и заполненных нефтью скважин.

Геофизики Г. В. Горшков, А. Г. Грамаков, Л. М. Курбатов и В. А. Шпак в 1933 г. начали разработку гамма-метода, основанного на изучении естественного гамма-излучения горных пород. Указанный метод использовали не только для выявления пород с высоким содержанием радиоактивных элементов, но также для литологического расчленения разреза скважин. Гамма-метод позволяет исследовать разрезы в скважинах с обсадными трубами, что является важным преимуществом этого метода по сравнению со всеми электрическими методами. В дальнейшем гамма-метод разрабатывали и совершенствовали коллективы геофизиков Всесоюзного института разведочной геофизики (ВИРГ) и Научно-исследовательского института геофизических методов разведки Главнефтегеофизики (НИИГР, ВНИИГеофизика).

В 1941 г. крупнейший физик Б. Понтекерво создал нейтронный гамма-метод исследования скважин. Основы теории нейтронных методов впервые разработал Ю. П. Булашевич. В дальнейшем эти методы успешно разрабатывали в Мос-

ковском институте нефтехимической и газовой промышленности. Коллектив сотрудников этого института под руководством В. Н. Дахнова в 1953 г. впервые разработал методику определения водонефтяного контакта по данным радиометрии скважин. С 1954 г. для исследований угольных скважин используют радиоактивные методы. Первоначально применяли только метод естественного гамма-излучения, а затем с 1955 г. – весьма эффективный метод рассеянного гамма-излучения. При разработке радиоактивных методов, связанных с изучением рассеянного гамма-излучения, наведенной активности, гамма-излучения изотопов, гамма-спектроскопии, были проведены большие работы во Всесоюзном научно-исследовательском институте ядерной геологии и геофизики (ВНИЯГГ) (Ф. А. Алексеев, А. К. Берзин, Ю. С. Шималевич и др.), МИНХ и ГП (В. Н. Дахнов, О. А. Барсуков, А. И. Холин и др.), НИИГР (С. Г. Комаров, А. А. Коржев, В. М. Запорожец, А. И. Оболенская и др.), ВИРГ (М. М. Соколов, А. П. Очкур и др.) и в АН СССР Ю. П. Булашевичем, Е. М. Филипповым, Г. М. Воскобойниковым и др. Из ряда радиоактивных методов при исследовании угольных скважин наибольшее применение получил метод рассеянного гамма-излучения. В настоящее время на большинстве угольных месторождений этот метод является одним из основных.

С 1933 г. стали проводить опытные работы по методу продолжительности проходки скважин (первоначально он назывался механическим каротажем). Первый прибор для автоматической регистрации продолжительности проходки разработал В. П. Дахнов в 1937 году.

В 1935 г. Г. С. Морозов и Г. Н. Строчкий одновременно с С. Я. Литвиновым предложили метод кавернометрии, основанный на изучении изменения диаметра скважины. Диаграммы кавернометрии используются для литологического расчленения разреза скважины, а также для интерпретации материалов электрометрии и радиометрии скважин. В 1936 г. В. А. Шпак раз-

работал метод магнитного исследования разрезов скважин (магнитный каротаж). Этот метод с помощью современной усовершенствованной аппаратуры, которую разработали А. В. Вешев, В. А. Мейер и др., успешно применяется для исследования рудных скважин. С 1939 г. создается ряд дистанционных приборов для определения угла и азимута искривления скважин. В результате этих работ были созданы инклинометры: И-4 (Шлюмберже); МЧС (Г. С. Морозова, П. К. Черноусова и Г. Н. Строчкия); ИШ-2, ИШ-3 и ИШ-4 (И. В. Шевченко) и др.

В комплекс промыслово-геофизических работ включают также перфорацию колонн, торпедирование при вскрытии пластов и отбор керна из стенок скважины с помощью бокового стреляющего грунтоноса. Разработка этих методов в СНГ связана с именами В. А. Верпатов и А. И. Парфенова, Г. С. Морозова и Г. Н. Строчкия, Ю. А. Колодяжного, Н. Г. Григорьян, Ю. И. Войтенко [1] и многих других. Грунтоносы широко используются для исследования угольных скважин.

Наряду с теоретической разработкой различных геофизических методов исследования скважин создавалась и систематически совершенствовалась измерительная аппаратура и оборудование, а также методика интерпретации скважинных измерений. В настоящее время разработка аппаратуры и оборудования, новых геофизических методов и методики интерпретации геофизических методов исследований скважин продолжается.

Геофизические методы исследования угольных скважин не имели своей промышленной и научной базы, поэтому приходилось использовать научный и технический опыт нефтяной промысловой геофизики. Первые геофизические исследования угольных скважин проведены в 1932 г. в Донбассе под руководством А. И. Железняк и А. Ф. Михедько. Метод кажущихся сопротивлений оказался весьма эффективным для изучения разрезов скважин, содержащих угольные пла-

ты различного марочного состава, так как пресные буровые растворы облегчали электрометрические исследования. Используя метод потенциалов собственной поляризации, получали хорошие результаты преимущественно при исследовании пластов антрацита.

Успешное опробование геофизических методов для изучения геологических разрезов угольных скважин в Донбассе послужило стимулом для дальнейшего развития и внедрения их в производство. Необходимость применения ГИС на угольных месторождениях обусловлена бескерновым бурением скважин или малым выходом керна при бурении из-за хрупкости угля. В этом случае по данным бурения невозможно точно установить мощность угольных пластов и определить их свойства. К 1952 г. ГИС в основном были внедрены во всех важнейших угольных бассейнах СНГ. Большая организационная роль в развитии угольной геофизики принадлежит Т. Т. Литвинову. Среди геофизиков, способствовавших развитию геофизических методов исследования угольных

скважин, следует отметить Е. К. Баранова, И. М. Блоха, М. А. Сперанского, М. К. Макарову и М. М. Вирину.

Благоприятными предпосылками для применения ГИС служат различия физических свойств углей и вмещающих пород: глин, аргиллитов, алевролитов, песчаников. Из физических свойств пород, используемых в геофизических методах исследования угольных скважин, основными являются следующие: удельное электрическое сопротивление, диффузионно-адсорбционная, фильтрационная и окислительно-восстановительная активности, плотность, естественная и искусственная радиоактивности, теплопроводность и др.

Таким образом, минимальный комплекс ГИС [3, 4, 6] на уголь должен включать в качестве основных методы: КС, ПС, ГК, ГГК-П, АК, кавернометрии, а также ГГК-С для оценки зольности углей (табл. 1). При исследовании скважин в осложненных условиях, кроме основных методов каротажа, применяются дополнительные типовые комплексы ГИС.

Таблица 1. Рациональный комплекс ГИС для изучения разрезов скважин

Исследования в масштабе глубин 1:500	Детализационные исследования в перспективной и продуктивной частях разреза в масштабе глубин 1:200
Обязательные виды исследований	
Стандартный электрический каротаж	БК
Кавернометрия	МБК
Радиоактивный каротаж (ГК, НГК)	Кавернометрия
Инклинометрия	АК по скорости и затуханию
	ГК, НГК
Условно-обязательные виды исследований	
БК	БКЗ (6 зондов и ПС)
Резистивиметрия	Индукционный каротаж
Газовый каротаж	Микрокаротаж
Геотермоградиент	Отбор образцов пород
Акустический каротаж по скорости	Опробование пластов на трубах ИННК
	Магнитный каротаж

В дальнейшем специфика исследований угольных скважин стала проявляться в выборе стандартных измерительных установок (зондов) и масштабов регистрации диаграмм. Было установлено, что для исследования тонких угольных пластов в высокоомном разрезе наиболее рациональным является длинный последовательный градиент-зонд, в качестве вспомогательного для исследования паечек пластов – обращенный градиент-зонд, для мощных пластов – потенциал-зонд. Для записи поисковых диаграмм был принят масштаб глубин 1:200, для детализационных – 1:50. В последнее время стали применяться и более крупные масштабы – 1:20.

Позднее для исследования угольных скважин начали использовать резистивиметрию (с 1941 г.), термометрию (с 1941 г.), электролитический каротаж (с 1946 г.), метод регистрации тока (с 1947 г.) и инклинометрию (с 1949 г.). Для однозначной интерпретации геофизических материалов по выделению угольных пластов из разреза скважины и для их опробования применили в 1950 г. боковые стреляющие грунтоносы. Для отбора образцов пород в осложненных, а также наклонных скважинах группа инженеров (М. А. Анке, В. В. Михайлов, И. М. Мелькановицкий, П. И. Кочетков) в 1953 г. создали конструкцию стреляющего штангового грунтоноса. Измерения диаметра угольных скважин и каверн в них (кавернометрия) стали проводить с 1958 г. С 1961 г. в Печорском бассейне начали успешно применять метод трехэлектродного фокусированного зонда (боковой каротаж). Применяющуюся в Печорском бассейне модификацию этого метода разработали на кафедре промышленной геофизики МИНХ и ГП. Таким образом, в настоящее время для исследования угольных скважин используют широкий комплекс геофизических методов.

Комплекс ГИС [2] при разведке ископаемых углей призван решать следующие геолого-технические задачи:

– литологическое расчленение разрезов скважин;

– выделение угольных пластов, определение их мощности и строения;

– определение зольности углей и других физических свойств;

– определение элементов залегания угольных пластов;

– выделение тектонических нарушений угольных пластов;

– изучение технического состояния скважин.

Современное развитие аппаратуры ГИС в значительной степени связано с широкомасштабным внедрением программно-управляемых информационно-измерительных систем, цифровых и аппаратурно-методических комплексов (АМК).

Обладая большими потенциальными возможностями для регистрации, визуализации и обработки результатов, АМК открывают широкие функциональные возможности управления технологическим процессом проведения скважинных исследований.

Основу АМК составляют следующие блоки:

– цифровые каротажные регистраторы, обеспечивающие сбор, хранение и обработку данных;

– спуско-подъемное оборудование с любым типом привода и технологическими датчиками для исследования скважин глубиной 100–2000 м;

– комплект скважинных приборов мелкосерийного и индивидуального изготовления по техническим требованиям заказчика;

– средства метрологического контроля;

– пакет технологических и прикладных программ;

– бортовой компьютер.

Для геофизических исследований скважин используются разные типы скважинных приборов как аналогового типа, так и современная программно-управляемая аппаратура ядерно-геофизических, электрических и электромагнитных методов каротажа для целенаправленного изучения элементного состава горных пород и

руд, а также определения технического состояния скважин. Развитию геофизических методов исследования угольных и рудных скважин в значительной мере способствовала плодотворная работа геологов СНГ (С. А. Скрובה, И. А. Кузнецова, И. И. Молчанова, К. В. Миронова, Д. Н. Бурцева, А. В. Тыжнова, В. С. Попова, Г. А. Селятицкого, Ю. В. Рудакова, В. Д. Андриевского, Г. А. Иванова, К. Г. Войновского-Кригера, С. А. Голубева, А. В. Македонова, Б. Л. Афанасьева, Г. М. Ярославцева и др.), которые занимались интерпретацией геофизических материалов и их использованием, ставили перед геофизиками новые геологические задачи и т. п.

За рубежом значительный объем геофизических исследований в скважинах, предназначенных для поиска угля, выполняют такие известные сервисные компании как Halliburton и Schlumberger [8].

Компания Шлюмберже обычно использует следующий набор каротажных приборов (табл. 2):

– Platform Express (PEX) с каротажными зондами азимутального бокового каротажа высокого разрешения (HALS); многозондовый индукционный имиджер

(AIT); трёхдетекторный прибор литоплотностного каротажа (TLD); микробоковой двойной индукционный зонд со сферической фокусировкой тока (MSFL); гамма-нейтронный прибор (GR+CNL), прибор потенциалов самопроизвольной поляризации (SP) и каверномер (HILT);

– Inclinometer (GPIT) – инклинометр; Dipole Shear Sonic (DSI) – дипольный акустический каротаж для двухполюсного изображения среза; Fullbore Formation Microimager (FMI) – микроэлектрический сканер для получения изображения ствола скважины (микроэлектрический имиджер); Elemental Capture Spectroscopy (ECS) – метод спектроскопического захвата элементов; Cement Evaluation Tool (CET) – оценка качества цементирования ствола скважины; Cement Bond Tool (CBT) – прибор качества цементирования.

С помощью микроэлектрического сканера (FMI) возможно прослеживать открытые и закрытые трещины, пустоты, тектонические нарушения. Визуальный контроль позволяет определять интервалы геологического разреза, представляющие собой зоны повышенного риска при проведении гидроразрыва, который может вызвать интенсивное обводнение.

Таблица 2. Аппаратура для исследования углеразведочных скважин

Метод ГИС	Аппаратура	Измеряемые параметры
Гамма-каротаж (ГК)	ГКМ-36/43/48 КСП-ГК-43	МЭД, мкР/ч
КС ПС	КСП-43 КСП-ГК-43	ρ_k , Ом·м Ди, мВ
Плотностной гамма-гамма-каротаж (ГГК-П)	2ГГК-П-48	Плотность (ρ), г/см
Селективный гамма-гамма-каротаж (ГГК-С)	ГГК-С-43	Эффективный атомный номер ($Z_{эф}$), а. е.
Акустический каротаж (АК)	ПАРУС-48	Δt , мкс/м
Кавернометрия (ДС)	КМ-43-1	Диаметр скважины, мм
Инклинометрия	СИМ-42	Зенитный угол, ° азимут, °
ГК Резистивиметрия Термометрия	ГТР-43 ТР-43 ЭТС-10У	МЭД, мкР/ч УЭС, Ом·м Температура, °С

Бурение рудных скважин также сопровождается применением комплекса ГИС (табл. 3). Основным методом ГИС является гамма-каротаж, который в соответствии с «Технической инструкцией по проведению ГИС» [6] проводится во всех скважинах в обязательном порядке. Инклинометрия должна производиться в вертикальных скважинах глубиной более 300 м и наклонных скважинах глубиной более 100 м. Необходимость выполнения других видов каротажа обусловлена типом и физическими свойствами разведываемого полезного ископаемого и

вмещающих пород, решаемыми геолого-геофизическими задачами, а также геологическими особенностями исследуемых объектов. При выборе рационального (необходимого и достаточного) комплекса методов ГИС учитываются такие физические свойства горных пород, как сопротивление, электрохимическая активность, поляризуемость, магнитная восприимчивость, намагниченность, естественная и искусственная радиоактивность, плотность, эффективный атомный номер, температура, нейтронные и упругие свойства. Как правило, любая руда

Таблица 3. Аппаратурно-методический комплекс для исследования рудных скважин

Метод ГИС	Аппаратура	Измеряемые параметры
ГК КС ПС	ГКМ-36/43/48 КСП-ГК-43 КСП-43	МЭД, мкР/ч ρ_k , Ом·м ΔU , мВ
Индукционный каротаж (ИК)	ИК-42	удельная электрическая проводимость (σ), мСм/м
Кавернометрия (ДС)	КМ-43-1	диаметр скважины, мм
Инклинометрия	СИМ-42	зенитный угол, ° азимут, °
Плотностной гамма-гамма-каротаж (ГГК-П)	2ГГК-П-48	плотность (ρ), г/см ³
Метод ГИС	аппаратура	измеряемые параметры
Каротаж вызванной поляризации (ВП)	ВПРМ-43 ВПРМ-ГК-43	ρ_k , Ом·м ΔU , мВ поляризуемость, %
Рентгенометрический каротаж (РРК)	РРК-43	каппа, ед. СИ·10 ⁻⁵
Акустический каротаж (АК)	ПАРУС-48	Δt , мкс/м
Каротаж магнитной восприимчивости (КМВ)	КМВ-Ц-43	каппа, ед. СИ·10 ⁻⁵
Магнитометрия	МСПГ	полный вектор геомагнитной индукции, нТл
Каротаж нейтронов деления (КНД)	ЦСП-КНД-60	содержание урана (C_U), %
Селективный гамма-гамма-каротаж (ГГК-С)	ГГК-С-43	эффективный атомный номер ($Z_{эф}$), а. е.
Спектрометрический гамма-каротаж (СГК)	ЦСП-ГК-С-73/90	U, Th, K, %
Спектрометрический импульсный нейтронный гамма-каротаж (ИНГК-С)	ИНГК-С-43	элементный состав, %
Термометрия	ЗТС-10У	температура, °С

хотя бы по одному из этих свойств, а чаще всего по нескольким из них отличается от вмещающих пород.

Основными задачами, решаемыми ГИС на рудных месторождениях, являются:

- литологическое расчленение разрезов скважин;
- выделение рудных интервалов, определение их мощности и строения;
- определение содержания рудных компонентов;
- изучение гидрогеологического режима месторождений и отдельных участков;
- контроль за техническим состоянием скважин.

Основными методами литологического расчленения разреза являются стандартный электрический каротаж (КС, ПС), гамма-каротаж (ГК), кавернометрия, каротаж магнитной восприимчивости (КМВ). На участках, где пористость и влагонасыщенность пород являются существенными факторами, в комплекс ГИС включают методы нейтронного каротажа (НГК/ННК), определяющие водородосодержание среды. Одним из ведущих методов при расчленении геологического разреза скважин выступает плотностной гамма-гамма-каротаж (ГГК-П). Выделение и изучение рудных интервалов осуществляется специальным комплексом ГИС. Так, на полиметаллических, колчеданных, медно-никелевых и других сульфидных месторождениях, а также на месторождениях золота, олова и других элементов, сопровождающихся богатой сульфидной минерализацией, выделение рудных интервалов проводится методами КС, ПС, ГК в процессе литологического расчленения разреза в целом. Руды, содержащие пирротиновую минерализацию, расчленяются методом КМВ. Для определения количественного содержания металлов в рудах проводят специальные методы каротажа. Например, для элементов, обладающих большим сечением захвата (Cu, Al, Mn и др.) – это нейтронный активационный каротаж, для руд тяжелых металлов с большим атомным номе-

ром (Cu, Pb, Hg, Sr и др.) – рентгенорадиометрический каротаж, для элементов с высоким сечением поглощения тепловых нейтронов (B, Hg, Mn) – нейтронный каротаж по тепловым нейтронам, для естественных радиоактивных элементов (U, Th, K) – спектрометрический ГК, для магнитных руд железа – КМВ и т. д.

Рациональные комплексы ГИС для поиска и разведки рудных месторождений разрабатываются с учетом специфики их физико-геологических условий.

Для каждого региона характерны свои физико-геологические особенности проявления и локализации оруденения, определяющие рациональные комплексы ГИС и технологии проведения поисковых геолого-геофизических работ. Практически везде в применяемые комплексы ГИС включаются: стандартный электрический каротаж (КС, ПС), гамма-каротаж (ГК), кавернометрия, а также каротаж магнитной восприимчивости (КМВ), вызванной поляризации (ВП), рентгенорадиометрический каротаж (РРК), а для выделения интервалов хромитов в разрезах скважин и оценки содержаний рекомендуются ядерно-геофизические методы ГГК-П, ГГК-С и ИНГК-С. Применение методов ГИС на урановых месторождениях регламентируется специальными инструкциями [7].

Заключение

Аппаратура и технологии ГИС, созданные и разрабатываемые, направлены на повышение эффективности разведки и разработки месторождений различных полезных ископаемых. В настоящее время аппаратурно-методические комплексы широко применяют геофизические предприятия, так как они позволяют решать актуальные задачи, стоящие перед геологоразведкой. Широкий комплекс геофизических методов, применяемый для исследования угольных и рудных скважин, в большинстве случаев позволяет составлять геологические разрезы скважин по одним геофизическим данным. Технический уровень геофизичес-

ких исследований скважин позволяет осуществлять бескерновое бурение на стадии разведки углей и руд. Бескерновое бурение дало значительный экономический эффект без снижения качества разведки. Предполагаемый геофизический комплекс исследований угольных и рудных скважин совместно с адаптированными к нему обработки и интерпретации позволяет получить количественные оценки промысловых характеристик пластов и вмещающих пород. Очередность проведения отдельных видов ГИС определяется требованиями количественной интерпретации их данных и условиями в скважине. Прежде всего, выполняют электрические виды исследований, затем проводят АК, ГК, ГГК, кавернометрию, инклинометрию. Исследования по контролю интервалов перфорации проводятся непосредственно после ее завершения. Регистрация данных ГИС осуществляется в цифровом виде, форматах и стандартах регистрации, принятых соответствующими техническими инструкциями, обеспечивающих возможность передачи первичной информации по каналам связи и с архивации в электронных базах и банках данных. Программы регистрации должны обеспечивать метрологический контроль и контроль качества в ходе регистрации. Аналоговая регистрация первичных данных не допускается.

Не следует рассматривать предложенные комплексы геофизических методов исследования разрезов скважин как постоянные. На отдельных скважинах со специфическими особенностями комплекс геофизических методов должен быть частично изменён или дополнен некоторыми другими геофизическими методами.

При разработке новых, более эффективных методов каротажа одни методы могут быть заменены другими, стандартный комплекс методов также может быть изменён, а решаемые геологические задачи расширены.

Развитие аппаратуры и технологий ГИС, разработка новых геофизических методов и совершенствование уже известных требу-

ют пересмотра действующей нормативной документации для проведения геофизических работ в угольных и рудных скважинах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Войтенко Ю. І., Гошовський С. В., Глагола Д. Д. та ін. Прострілювально-вибухова апаратура вітчизняного виробництва і досвід її застосування на родовищах нафти і газу в Україні//Нафтова і газова промисловість. – 2005. – № 2. – С. 15–17.*
2. *Горбачёв Ю. И. Геофизические исследования скважин. – М.: Недра, 1990. – 398 с.*
3. *ГОСТ 22609-77. Геофизические исследования в скважинах. Термины, определения и буквенные обозначения. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 32 с.*
4. *ГОСТ Р 54362-2011. Геофизические исследования скважин. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2012. – 23 с.*
5. *СОУ 73.1-41-04.05.26:2006. Дослідження в свердловинах геофізичні на тверді корисні копалини та воду. – Київ: Держгеолслужба України, 2006. – 17 с.*
6. *Техническая инструкция по проведению геофизических исследований в скважинах. – М.: Недра, 1985. – 215 с.*
7. *Хайкович И. М., Зернов Л. В., Уваров Э. В. и др. Инструкция по гамма-каротажу при поисках и разведке урановых месторождений. – М.: Мингео СССР, 1987.*
8. *Шлюмберже. Каталог услуг ГИС и ПВР. – 2015.*

REFERENCES

1. *Voytenko Yu. I., Goshovskiy S. V., Hlaha-la D. D. et al. Perforating and blasting apparatus of domestic production and the practice of its application at the oil and gas deposits//Oil and Gas Industry. – 2005. – № 2. – P. 15–17. (In Ukrainian).*
2. *Gorbachev Yu. I. Geophysical well logging. – Moskva: Nedra, 1990. – 398 p. (In Russian).*
3. *GOST 22609-77. Geophysical exploration in wells. Terms, definitions and letter symbols. – Moskva: Izd-vo standartov, 1977. – 32 p. (In Russian).*
4. *GOST R 54362-2011. Geophysical exploration of wells. Terms and definitions. – Moskva: Standartinform, 2012. – 23 p. (In Russian).*

5. SOU 73.1-41-04.05.26:2006. Geophysical exploration of solid mineral deposits and water in wells. – Kyiv: Derzhheolsluzhba Ukrainy, 2006. – 17 p. (In Ukrainian).

6. Technical instructions for conducting of geophysical exploration in wells. – Moskva: Nedra, 1985. – 215 p. (In Russian).

7. Haykovich I. M., Zernov L. V., Uvarov E. V. et al. Instructions on gamma ray logging in prospecting and exploration of uranium depo-

sits. – Moskva: Ministry of Geology of USSR, 1987. (In Russian).

8. Schlumberger. Catalog of GIS and PBO services. – 2015. (In Russian).

Рукопис отримано 21.09.2016.

В. М. Іконніков, Український державний геологорозвідувальний інститут, 104dgri@ukr.net, ORCID-0000-0003-1786-6807

ПРО СУЧАСНИЙ СТАН РАЦІОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВУГІЛЬНИХ І РУДНИХ СВЕРДЛОВИН

У статті розглянуто сучасний стан методів каротажу для дослідження рудних і вугільних свердловин. У наш час розроблено і застосовують велику кількість різноманітних геофізичних методів дослідження свердловин, які дають змогу вирішувати багато геологічних завдань. За економічними умовами неможливо в кожній свердловині застосовувати всі відомі методи. Потрібно вибрати найефективніший (раціональний) комплекс геофізичних методів, який дав би можливість успішно розв'язувати поставлені завдання відповідно до геологічної документації розрізів свердловин і вивчення геології всього родовища. Геологорозвідувальні роботи на вугілля й руди проводять у регіонах з різною мірою вивченості та складності геологічної будови. Залежно від цих показників змінюються завдання досліджень і їх типовий комплекс. Тому його треба вибирати відповідно до кожного вугільного й рудного родовища з його конкретними геолого-геофізичними умовами.

Ключові слова: каротаж, свердловина, геофізичні методи дослідження, каротажний комплекс.

V. N. Ikonnikov, Ukrainian State Geological Research Institute, 104dgri@ukr.net, ORCID-0000-0003-1786-6807

ON THE CURRENT STATE OF RATIONAL COMPLEX OF GEOPHYSICAL RESEARCH OF THE COAL AND ORE WELLS

The modern state of a well-logging technique for the study of ore and coal wells is examined. At present, a wide variety of geophysical methods for the research of the wells which allow solving many geological problems is developed and used. All the known methods cannot be applied to each well for economic reasons. It is necessary to choose the most efficient (rational) complex of the geophysical methods which would allow successfully solving tasks for geological documentation of the sections of wells and studying the geology of all deposit. Geological exploration for coal and ore is carried out in the regions of varying degrees of exploration and the complexity of the geological structure. The research objectives and their model complex vary depending on these parameters. Therefore, it is necessary to choose with respect to each of the coal and ore deposits with specific geological and geophysical conditions. Therefore, it is necessary to choose a complex with respect to each of the coal and ore deposit with its specific geological and geophysical conditions.

Keywords: logging, well, geophysical methods of research, logging complex.