

# Научные обзоры

УДК: 550.832. 1/9

*Светлой памяти геолога-геофизика  
Валерия Николаевича Филимонова*

*М. Я. Боровский, **В. Н. Филимонов**, В. И. Богатов*

*ООО «Геофизсервис»*

*Н. М. Зараменских*

*ООО НПФ АМК «ГОРИЗОНТ»*

*А. С. Борисов*

*Казанский федеральный университет, ИПЭН АН РТ*

*В. Ф. Кудряшова*

*АО НПП «ВНИИГИС»*

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН В ВЕРХНЕЙ ТОЛЩЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ

Рассмотрены технологии геофизических исследований скважин (ГИС) при выделении битумонасыщенных пород. Рекомендуется для повышения эффективности различных этапов и стадий геологоразведочных и эксплуатационных работ применение сейсмической томографии и поиск дополнительных источников информации о наличии скоплений углеводородного сырья в верхней части разреза (ВЧР). Уделено внимание изучению экологической обстановки на нефтепромыслах с помощью методов ГИС. Даны рекомендации по выявлению негативных последствий процессов освоения месторождений углеводородов. Рассмотрены технологии, разработанные АО НПП «ВНИИГИС», для исследований эколого-гидрогеологических особенностей ВЧР и контроля за разработкой месторождений природных битумов.

*Ключевые слова: каротаж, верхняя часть разреза, природные битумы, подземные воды, технологический инжиниринг, межпластовые перетоки, экология.*

В старых нефтедобывающих районах Волго-Уральской нефтегазоносной провинции привлекает внимание верхняя карбонатно-

терригенная толща, служащая резервом для восполнения ресурсов углеводородов (УВ) [4, 25]. К этому интервалу осадочных пород приурочены нетрадиционные источники углеводородного сырья, каковыми являются природные битумы и сверхвязкая нефть. Верхние звенья осадочного чехла характеризуются наличием водоносных горизонтов, используемых для водоснабжения нефтепромысловых регионов [4, 5, 18, 26]. Приповерхностные слои содержат общераспространенные полезные ископаемые [6, 12], широко применяемые в народном хозяйстве, в частности при строительстве скважин различного целевого назначения. В верхней части разреза происходят активные экзогенные (карсто- и оползнеобразования) и техногенные (антропогенные) процессы, связанные с разработкой различных ископаемых, в том числе нефти и газа.

Отличительная черта строения ВЧР – значительная изменчивость физических свойств горных пород как в вертикальном, так и в латеральном направлениях. Такая неоднородность создает серьезные проблемы [26] при изучении геофизическими методами глубоких горизонтов осадочного чехла и кристаллического фундамента. В то же время особенности строения и состава пород ВЧР могут указывать на наличие скоплений УВ и других полезных ископаемых в средних и в нижних интервалах геологического разреза. В этой связи детальное изучение различных аспектов структуры и состава ВЧР нефтеперспективных регионов способствует получению информации [25, 26], необходимой для решения целого ряда геологических и технологических задач.

Технологический инжиниринг требует применения ГИС на всех этапах и стадиях геологоразведочных и эксплуатационных работ. Реализация новой парадигмы развития нефтегазовой геологии предусматривает изучение как продуктивной, так и надпродуктивной толщ, что соответствует закону Кудрявцева.

### Исследование месторождений природных битумов и сверхвязкой нефти

В настоящее время при изучении месторождений природных битумов (сверхвязких нефтей) уфимского терригенного комплекса применяются следующие методы геофизических исследований скважин [1, 3, 7, 13, 22, 25]:

- нейтронный каротаж (нейтронный гамма- и нейтрон-нейтронный методы);
- гамма-каротаж;
- резистивиметрия;
- КС, ПС;
- индукционный каротаж;
- кавернометрия;
- боковой каротаж.

Методы НГК, ГК, ННК используются для получения информации о емкостных характеристиках коллекторов и расчленения разреза. Кавернометрия и резистивиметрия призваны отражать технологические условия проведения каротажа и свидетельствуют о диаметре скважины и сопротивлении промывочной жидкости. Электрометрия, в состав которой входят ПС, КС, БК, ИК, применяется для оценок удельного сопротивления пластов и характера их насыщенности.

При формальном подходе к данному набору методов ГИС комплекс должен решать [1, 3, 7, 22, 25] основные задачи нефтепромысловой геофизики, такие как выделение пластов и оценка их коллекторских свойств ( $k_p$ ,  $k_{пл}$ ) и оценка по значениям удельного сопротивления пласта коэффициента битумонасыщенности  $k_{бит}$ .

Значительные трудности [7, 19, 25, 26] возникают при прогнозировании вероятных причин обводнения продукции битумных скважин, которые для отложений уфимского яруса И. М. Климушин связывает с наличием водоносных прослоев и линз, залегающих в пределах битумонасыщенной части залежи. Предполагается возможное совместное залегание битума и свободной воды в поровом объеме коллектора.

А. И. Томашевская выделяет в качестве негативных причин, наряду с вышеуказанными, поступление воды по нарушениям в цементном камне или по зазору между цементным кольцом и породой из-за отсутствия надежного сцепления цемента с битумонасыщенными песчаниками. Такие случаи имеют место при испытании битумонасыщенных коллекторов в обсаженных скважинах, когда бурением вскрыты и нижележащие битумоводосодержащие и водоносные песчаники. Как правило, к подошве залежи возрастает трещиноватость пород, улучшается связь с подошвенными водами, которые дают притоки воды.

Для повышения эффективности работ при освоении битумных залежей, получения достоверных сведений об особенностях геологи-

ческого строения и вследствие этого оптимального выбора объектов для испытаний и эксплуатации предлагается использовать данные межскважинной томографии [7–9, 22, 25, 26]. Метод основан на изучении упругих характеристик горных пород в пространстве между скважинами и связи их с физическими характеристиками среды путем сейсмического просвечивания межскважинного пространства (СМП).

Перспективны совместное изучение кинематических и динамических параметров продольных и поперечных волн, распространяющихся в межскважинной среде, и расчет упруго-деформационных характеристик, позволяющих оценить коллекторские свойства битумосодержащих песчаников, тектонические и структурные особенности строения месторождений природных битумов, определить битумо-, водо- и газонасыщенность. При контроле за фронтом выработки продуктивного пласта горизонтальными скважинами большими возможностями обладает СМП.

Целесообразен также поиск дополнительных источников информации о наличии скоплений сверхвязких нефтей в верхней части геологического разреза нефтеперспективных территорий.

Ф. Ф. Ахмадишиным, А. Я. Сулеймановым, Г. Л. Мусаевым [2] предложено осуществлять поиск углеводородов в пермских отложениях при бурении глубоких скважин. В [2] рассматривается комплекс методов ГИС применительно к особенностям конструкции этих скважин. Отмечается, что используемая конструкция в интервале пермских отложений предусматривает кондуктор, который имеет критический диаметр (0,4 м) для проведения геофизических исследований скважин. Авторами [2] приведен пример геофизических исследований скважин в пермских отложениях Одиночного поднятия Соколкинского месторождения. В поисковой скв. 1057 в интервале 0–310 м до спуска в скважину колонны кондуктора диаметром 323,9 мм осуществлен каротаж в масштабе 1 : 200 методами инклинометрии, ГК, ННК, КС, ПС, БК, ИК, АК, кавернометрии, резистивиметрии и ЯМК.

По материалам ГИС выделены терригенные и карбонатные коллекторы, для которых определены петрофизические свойства. Указано, что проведенный набор методов недостаточен для выделения интервалов, насыщенных углеводородами. Для определения коэффициентов нефте- и газонасыщенности следует дополнить комплекс ГИС следующими методами: гамма-спектрометрическим (ГК-С), гамма-гамма-плотностным (ГТК-П), углеродно-кислородным (С/О)

каротажными. Рекомендуется, чтобы диаметр скважины при каротаже не превышал 215,9 мм. Предлагается в интервале пермских отложений бурить долотом 215,9 мм, провести вышеуказанный дополнительный комплекс ГИС с последующим расширением диаметра ствола скважины долотом 393,7 мм и обсадить кондуктором (323,9 мм) для продолжения бурения на нижележащие отложения.

Таким образом, можно будет получать важную информацию о насыщении пермских отложений углеводородами и определять коллекторские свойства выделенных интервалов.

Как известно [25], на ранних этапах выбора рационального комплекса ГИС для изучения природных битумов апробировался волновой диэлектрический каротаж (ВДК). Результаты опытно-методических работ на территории Республики Татарстан свидетельствуют о достаточно высокой эффективности метода. Впоследствии ввиду отсутствия серийной аппаратуры [25] ВДК был исключен из комплекса. Для качественного выделения обводненных интервалов и повышения точности оценки битумонасыщения по данным ГИС в зоне ВБК (при низком битумонасыщении) целесообразно применение волнового диэлектрического метода [7, 22, 25].

Для определения характера текущей и остаточной битумонасыщенности продуктивных коллекторов все большее значение придается гамма-спектрометрии, методу ИНГК-С и его модификации – углеродно-кислородному каротажу (С/О-каротаж) [3, 13].

Основная традиционная задача С/О-каротажа – разделение разрабатываемых терригенных коллекторов на нефтеносные и обводненные разности. Опыт применения С/О-каротажа для терригенных битумонасыщенных коллекторов показывает принципиальную возможность количественного определения коэффициента текущего битумонасыщения [3]. Для успешного решения задачи контроля за выработкой запасов битумов (сверхвязких нефтей) в терригенных коллекторах с использованием ядерно-физических методов необходима их адаптация и тщательная петрофизическая настройка к геолого-технологическим условиям месторождений этих полезных ископаемых.

Таким образом, на современном этапе для продуктивной толщи выделяются следующие пути повышения эффективности ГИС для изучения природных битумов (сверхвязких нефтей) [7, 22]:

– успешное апробирование и широкое внедрение современной технологии межскважинной томографии позволят повысить эффек-

тивность геологоразведочных работ как на стадии подготовки, так и в процессах разработки месторождений природных битумов;

– разработка рационального комплекса ГИС для получения важной информации в иных горно-технологических условиях (скважины глубокого бурения);

– внедрение новых методов ГИС, опробованных на небольшом числе эталонных объектов и успешно применяющихся при изучении традиционных нефтей (гамма-спектрометрия, С/О-каротаж, ВИКИЗ, ВДК и др.).

### Мониторинг подземных вод

Территории деятельности нефтедобывающих компаний относятся к регионам с большой техногенной нагрузкой на экосистему. Здесь, как правило, расположено большое количество опасных в экологическом отношении производств, таких как товарные парки, ДНС, КНС, ГЗУ, глубокие скважины различного назначения, сеть трубопроводов. Очаги техногенного загрязнения подземных и поверхностных вод действуют на протяжении длительного времени (в Урало-Поволжье с 50-х гг. XX века). Особенно важно предусмотреть и выявить негативные последствия нарушения конструктивных обязательств, предусмотренных проектами строительства скважин в верхней части разреза.

Природоохранная деятельность в районах разработки нефтяных месторождений предусматривает контроль за чистотой и сохранностью естественных запасов пресных вод [4–6, 12, 15, 18, 25, 26]. Большое внимание уделяется состоянию пластов, содержащих пресную воду и находящихся в пределах приповерхностной части разреза, перекрытой кондуктором. Некачественное цементирование кондуктора в процессе строительства скважины создает предпосылки для возникновения межпластовых перетоков, следствием которых может быть загрязнение и осолонение пресноводных пластов при прорыве вверх минерализованных вод из разрабатываемого интервала (восходящий переток), а также потери запасов пресных вод при их перетекании в нижележащие высокоминерализованные водоносные горизонты (нисходящий переток).

Выявление и определение направления межпластовых заколонных перетоков относится к важнейшим задачам контроля за разработкой нефтегазовых месторождений.

Для непосредственного выявления перетоков жидкости и газа по заколонному пространству во время исследований используются термические, радиоактивные и акустические методы [4, 10, 15]. Термометрия – наиболее распространенный и информативный метод по выявлению заколонных перетоков. Однако имеются трудности, не позволяющие однозначно определить интервал межпластового заколонного перетока в условиях скважины многоколонной конструкции в верхней части разреза. Это связано со сложным характером теплового поля в интервале заколонного движения, разнообразием проявления температурных эффектов в скважине, различием в условиях проведения измерений [4].

Для повышения информативности и достоверности решения задачи диагностики заколонной среды в условиях скважины многоколонной конструкции в системе скважина–пласт разработана технология нестационарной термометрии для геолого-технологических условий ВЧР Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна. Методика нестационарной термометрии для диагностики заколонной среды скважин в верхней части разреза подробно изложена в диссертационном обобщении В. В. Баженова [4]. Технологии и техника геофизических исследований скважин в приповерхностной (надпродуктивной) толще обстоятельно изложены в методическом руководстве по каротажу гидрогеологических скважин [18].

### Технологии ВНИИГИС для изучения ВЧР

Для осуществления технологического инжиниринга ГИС в верхней толще геологических разрезов в АО НПП «ВНИИГИС» накоплен большой потенциал. Еще в начале 70-х годов XX века по инициативе начальника Управления геофизических работ Мингео СССР В. В. Федынского и директора ВНИИГИС А. А. Молчанова в институте были развернуты работы по созданию аппаратуры для исследования рудных, угольных и гидрогеологических скважин.

В 80-е годы XX века впервые в стране во ВНИИГИС выполнена разработка аппаратурно-методического комплекса АКППС для исследования скважин диаметром 59 и 76 мм, бурящихся на твердые полезные ископаемые и подземные воды. Комплекс содержал метрологически обеспеченный набор цифровых приборов, модули электрического (КС, БК), радиоактивного (ГК, ГГК-П, ГГК-С, НГК, СНГК), волнового

акустического каротажа (ВАК), кавернометрии, резистивиметрии, а также компьютеризированную каротажную станцию, подъемник и технологическое программное обеспечение. Работы выполнялись под научным руководством А. А. Молчанова большим коллективом специалистов: О. И. Сагаловичем, В. Н. Даниленко, Т. С. Мамлеевым, М. Г. Мифтаховым, А. М. Зариповым, Н. М. Зараменских и др. [11]. Аппаратура по своей идеологии и техническим возможностям значительно опередила свое время, однако по причине больших потрясений, которые пережила наша страна в целом и геофизика в частности, оказалась мало востребованной. Тем не менее принципы, заложенные в новую аппаратуру, и найденные технические решения, особенно ее телеметрическая система, в дальнейшем начали широко использоваться в разработках ВНИИГИС и других организаций отрасли при создании каротажной аппаратуры нового поколения [19].

К началу 2000-х годов востребованность аппаратуры для исследования месторождений твердых полезных ископаемых стала заметно повышаться. Несколько комплексов АКППС эксплуатировались Норильской горнодобывающей компанией и в Кузнецком угольном бассейне.

В 2000 г. для геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые, воду, а также для инженерно-геологических изысканий совместными усилиями ВНИИГИС и ООО НПП «ИНГЕО» создан более дешевый и простой в эксплуатации аппаратурно-методический комплекс КАМК «Алмаз-1». В его состав входили цифровой регистратор «Гектор», обеспечивающий сбор, хранение и обработку данных; спуско-подъемное оборудование с приводом и технологическими датчиками; комплект скважинных приборов серийного и индивидуального изготовления; средства метрологического контроля; комплект технологических и прикладных программ и бортовой компьютер типа Notebook. Комплексы КАМК «Алмаз-1» выпускаются на автомобилях повышенной проходимости, вездеходах и в переносном варианте [20].

С помощью комплекса КАМК «Алмаз-1» в Татарстане исследовано около 50 скважин (как гидрогеологических, так и структурно-поисковых). На основе этих исследований подготовлено Методическое руководство по каротажу гидрогеологических скважин [18].

В настоящее время комплекс значительно модернизирован и хорошо востребован. Для исследования месторождений подземных вод комплекс содержит приборы ГК, ПС, КС, ИК, НГК/ННК, АК,

расходомерии, резистивиметрии и инклинометрии, отбора проб стволовой жидкости и кавернометрии скважин [21].

Положительный опыт работ с применением метода межскважинной сейсмотомографии, проводимых ВНИИГИС совместно с ООО НПФ «ИГИС» (А. Г. Болгаров) для решения различных задач в области инженерной геологии, результаты опробования метода в условиях нефтегазовых месторождений Башкортостана и за рубежом являются предпосылкой эффективного использования межскважинной томографии для изучения строения месторождений природных битумов (сверхвязких нефтей) и контроля их разработки. Большими возможностями в реализации метода межскважинной томографии обладает созданная во ВНИИГИС совместно с «СейсмоСетСервис» и АО НПФ «ГИТАС» цифровая многомодульная сейсмическая аппаратура АМЦ-ВСП, являющаяся образцом аппаратуры нового поколения [23].

Во ВНИИГИС разработана технология диагностики нетрадиционных коллекторов на основе зондирования комплексом нейтронных методов. Разработан современный аппаратурно-методический комплекс нейтронных методов, который позволяет определить наличие и фазовое состояние углеводородных флюидов в прискважинной зоне, их распределение в радиальном и вертикальном направлениях. По технологии дефицита плотности и водородосодержания подтверждаются определенные по ГИС коллекторы и выделяются дополнительные низкопроницаемые и трещиноватые нефтегазоносные коллекторы, в том числе относящиеся к нетрадиционным. Наиболее эффективной и информативной аппаратурой для таких исследований является разработанная во ВНИИГИС совместно с НПФ «ГИТАС» комплексная аппаратура радиоактивных методов КСПРК-Ш, которая реализует методы трехзондового спектрометрического нейтронного гамма-каротажа и двухзондового нейтрон-нейтронного каротажа (ЗСНГК+2ННК-Т) [14, 16].

Учитывая положительный опыт применения для определения характера текущей и остаточной битумонасыщенности продуктивных коллекторов методов гамма-спектрометрии, ИНГК-С и его модификации – углеродно-кислородного каротажа [3, 13], целесообразно применение для решения этих задач цифровых скважинных приборов, разработанных ВНИИГИС совместно с НПФ «ИНГЕО», реализующих комплекс ядерно-геофизических методов (ЯГМ), включающий С/О-каротаж (ЦСП-С/О-90, ЦСП-ИМКС-100), двухзондовый импульсный

нейтронный каротаж (ЦСП-2ИНГК-43М, ЦСП-2ИННК-43), спектрометрический гамма-каротаж (ЦСП-ГК-С-90). Приборы позволяют измерять спектральные отношения С/О, Ca/Si, содержания основных химических элементов скелета горных пород и порового флюида, радиоактивных элементов (С, О, Н, Cl, Si, Ca, S, Mg, Fe, K, Th, U и др.), определяемых из регистрируемых спектров гамма-излучения радиационного захвата (ГИРЗ), гамма-излучения неупругого рассеяния (ГИНР), спектрометрического гамма-каротажа (СГК) [17].

Перспективна и технологична для применения инновационная разработка – двухзондовый скважинный прибор спектрометрического импульсного многоканального нейтронного гамма-каротажа ЦСП-2ИМКС-73, позволяющий за одну спуско-подъемную операцию реализовать широкий комплекс ЯГМ: спектрометрический импульсный нейтронный гамма-каротаж (ИНГК-С), в том числе углеродно-кислородный каротаж, импульсный нейтронный гамма-каротаж (2ИНГК), нейтронный активационный каротаж (НАК), спектрометрический и интегральный гамма-каротаж (СГК, ГК) [17].

Доказана эффективность использования для мониторинга технического состояния эксплуатационного и нагнетательного фонда скважин комплексной термощумоакустической аппаратуры ЗАС-ТШ-42 и аппаратуры электромагнитной дефектоскопии для оценки следующих факторов:

- состояние контактов цементного кольца с колонной и породой;
- наличие, местонахождение и размеры дефектов цементирования и нарушений герметичности стенок обсадной колонны;
- наличие и местонахождение заколонных перетоков [24].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллин Р. Н., Рахматуллина А. Р. Новая технология определения емкостных свойств и коэффициента битумонасыщенности терригенных отложения уфимского яруса // Высоковязкие нефти и природные битумы: проблемы и повышение эффективности разведки и разработки месторождений: Международная научно-практическая конференция. Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2012. С. 35–37.
2. Ахмадишин Ф. Ф., Сулейманов А. Я., Мусаев Г. Л. Поиск высоковязких нефтей в пермских отложениях при бурении глубоких скважин // Сборник научных трудов института «ТатНИПИнефть». 2014. Вып. 82. С. 240–242.
3. Ахметов Б. Ф., Баженов В. В., Лимонова Л. И., Абдуллина Д. Р. Особенности интерпретации комплекса ядерно-физических методов ГИС и перспективы его

применения на месторождениях природных битумов высоковязких нефтей Республики Татарстан // Геофизические, геохимические и петрофизические исследования и геологическое моделирование при поиске, разведке и контроле эксплуатации нефтегазовых месторождений: Труды Международной научно-практической конференции. г. Бугульма, Республика Татарстан. М.: ВНИИ-геосистем, 2013. С. 29–36.

4. *Баженов В. В.* Разработка методики нестационарной термометрии для диагностики заколонной среды в верхней части разреза скважин: на примере месторождений Республики Татарстан: дис. ... канд. техн. наук / Баженов Владимир Валентинович. Уфа: БГУ, 2007. 173 с.

5. *Боровский М. Я., Богатов В. И., Филимонов В. Н., Петров С. И.* Геофизические исследования в гидрогеологических скважинах // VII Международный конгресс «Чистая вода. Казань». Казань: ООО «Новое знание», 2016. С. 84–89.

6. *Боровский М. Я., Богатов В. И.* Исчерпаемые ресурсы – не только пресная вода и углеводороды: Земле грозит дефицит песка // Сборник трудов IX Международного конгресса «Чистая вода. Казань». 19–21 сентября 2018 г. Казань: ООО «Новое знание», 2018. С. 83–86.

7. *Боровский М. Я., Борисов А. С., Мухаметшин Р. З., Филимонов В. Н. и др.* Геофизические исследования скважин в процессах освоения месторождений сверхвязких нефтей и природных битумов // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: Материалы 45-й сессии Международного семинара им. Д. Г. Успенского. Казань, 2018. С. 92–93.

8. *Боровский М. Я., Болгаров А. Г., Файзуллин И. Н., Петров С. И. и др.* Детализация геологического строения битумных залежей // Актуальные проблемы нефтегазовой геологии: Международная научно-практическая конференция. СПб.: ВНИГРИ, 2007. С. 301–304.

9. *Боровский М. Я., Ефимов А. А., Файзуллин И. Н., Петров С. И. и др.* О возможности использования сейсмотомографии для выявления особенностей геологического строения битумных залежей // Техника и технология разработки нефтяных месторождений: Сборник докладов научно-технической конференции, посвященной 60-летию разработки Ромашкинского нефтяного месторождения. М.: ЗАО «Изд-во «Нефтяное хозяйство», 2008. С. 91–93.

10. *Гулимов А. В., Борисова Л. К., Даниленко В. Н.* Возможности комплекса широкодиапазонного спектрометрического нейтронного гамма-каротажа для контроля герметичности скважин // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2012. Вып. 2 (212). С. 42–48.

11. *Даниленко В. Н., Кнеллер Л. Е., Кудряшова В. Ф. и др.* ВНИИГИС – 50 лет по пути развития геофизических методов исследования скважин // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2006. Вып. 7–8 (148–149). С. 10–40.

12. Инструкция по проведению геофизических исследований рудных скважин. МЭПР РФ. 2000.

13. *Кожевников Д. А., Лазуткина Н. Е., Петров Г. А. и др.* Гамма-спектрометрия в комплексе ГИС при изучении битумных месторождений Татарстана // Геофизика. 2001. № 4. С. 82–86.

14. *Кондрашов А. В., Куйбышев Р. Р., Минуллин И. З. и др.* Комплексная аппаратура ядерного каротажа (КСПРК-Ш) для исследования нефтяных скважин // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2016. Вып. 6 (264). С. 164–170.

15. *Коньсов А. К., Земсков В. А., Козяр Н. В.* Определение необходимости ремонтно-изоляционных работ затрубного пространства по данным акустической и радиометрической цементометрии // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2005. Вып. 5–6 (132–133). С. 244–251.

16. *Лысенков А. И., Лысенков В. А., Судничникова Е. В. и др.* Определение характера насыщения и распределение флюидов в коллекторах нефтегазовых скважин путем зондирования стационарными нейтронными методами // VII Российско-китайский научный симпозиум «Новые техника и технологии в нефтегазовой промышленности». Ч. 2: Материалы симпозиума. Уфа: Изд-во ОАО НПФ «Геофизика», 2012. С. 186–189.

17. *Машкин К. А., Коротченко А. Г., Сафонов П. А. и др.* Развитие аппаратуры и методики контроля текущей нефтегазонасыщенности пластов-коллекторов ядерно-физическими методами каротажа // Нефть. Газ. Новации. Самара, 2018. № 2. С. 54–58.

18. Методическое руководство по каротажу гидрогеологических скважин / Г. Е. Яковлев, М. Я. Боровский, С. И. Поляков и др. // НПО «Репер». Казань. 2007. 135 с.

19. *Перельгин В. Т., Поляков А. П.* Возможности новых геофизических технологий при решении задач поисков, разведки и эксплуатации месторождений твердых полезных ископаемых // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2016. Вып. 7 (265). С. 288–298.

20. *Перельгин В. Т., Машкин А. И., Машкин К. А., Огнев А. Н. и др.* Современное аппаратное обеспечение и геофизические технологии исследования рудных и гидрогеологических скважин // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2011. Вып. 5 (203). С. 237–247.

21. *Перельгин В. Т., Машкин А. И., Коротченко А. Г. и др.* Актуальные разработки ОАО НПФ «ВНИИГИС» и ООО НПФ «ИНГЕО»: аппаратура и комплексы для геофизических исследований скважин на месторождениях твердых полезных ископаемых и подземных вод // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2016. Вып. 7 (265). С. 24–51.

22. *Петров С. И., Мухаметшин Р. З., Борисов А. С., Боровский М. Я.* Направления модельных работ в геофизических исследованиях скважин для повышения эффективности информационного обеспечения процессов освоения месторождений сверхвязкой нефти // Моделирование геологического строения и

процессов разработки – основа успешного освоения нефтяных и нефтегазовых месторождений: Материалы Международной научно-практической конференции. Казань: Слово, 2018. С. 323–326.

23. Сафиуллин Г. Г., Ахметшин Н. М., Мамлеев Т. С. и др. Этапы развития аппаратуры и технологии скважинной сейсморазведки во ВНИИГИС // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2016. Вып. 7 (265). С. 52–69.

24. Таибулатов В. Д., Еникеев В. Н., Кунавин А. Г., Гайфуллин М. Я. Использование аппаратуры ЗАС-ТШ-42 в комплексе с другими методами для повышения информативности контроля технического состояния обсаженных скважин // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2016. Вып. 6 (264). С. 152–164.

25. Хисамов Р. С., Боровский М. Я., Гатиятуллин Н. С. Геофизические методы поисков и разведки месторождений природных битумов в Республике Татарстан. Казань: Изд-во «ФЭН» АН РТ, 2007. 247 с.

26. Хисамов Р. С., Файзуллин И. Н. Геолого-геофизическое доизучение нефтяных месторождений на поздней стадии разработки. Казань: Изд-во «ФЭН» АН РТ, 2011. 228 с.

# Дискуссионный клуб

УДК 550.832.5

*В. И. Борисов, Л. К. Борисова, В. Н. Даниленко  
АО НПФ «ГИТАС», АО НПП «ВНИИГИС»,*

## НЕКОТОРЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ГЕОФИЗИКИ

Рассматриваются некоторые тенденции развития ядерной геофизики с точки зрения воздействия процессов, определяющих ее прогресс и процессы стагнации.

*Ключевые слова: закономерности развития ядерной геофизики, прогресс, инволюция, ядерная геофизика.*

Развитие ядерной геофизики определяется, с одной стороны, постоянно растущей потребностью промышленности в полезных ископаемых, а с другой – стремлением снизить стоимость геолого-разведочных работ за счет максимально возможного их упрощения и сокращения объемов.

В 70-х годах прошлого века прогресс в развитии ядерной геофизики обуславливался в основном за счет промышленного освоения новых источников ионизирующего излучения, в том числе импульсных, создания новых методов исследований, разработки их теории, методического аппарата, программно-интерпретационного и метрологического обеспечения и аппаратуры и обеспечивался крупными научно-исследовательскими центрами, институтами и конструкторскими бюро, которые в свою очередь подпитывались молодыми специалистами ядерно-геофизического профиля, подготовкой которых занимались ведущие вузы страны. Опробование и внедрение разработок осуществлялось опытно-методическими партиями и экспедициями.