

- процессов разработки – основа успешного освоения нефтяных и нефтегазовых месторождений. Материалы Международной научно-практической конференции. Казань: Слово, 2018. С. 323–326.
23. Сафуллин 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. Ташбулатов В. Д., Еникеев В. Н., Кунаевин 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 НПП «ВНИИГИС», АО НПФ «ГИТАС»

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ГЕОФИЗИКИ НА ПРИМЕРЕ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО КАРОТАЖА

Рассматриваются основные тенденции развития ядерной геофизики с точки зрения взаимодействия факторов, определяющих общие закономерности формирования и развития прикладной науки.

Ключевые слова: закономерность развития, ядерная геофизика, прогресс, инволюция.

Механизмы развития природы, общества и мышления описываются общими законами, по которым развивается и наука, как сфера человеческой деятельности.

Закономерности развития науки проявляются как специфические тенденции: формирование парадигмы, соответствующей существующему уровню знания, возникновение и развитие противоречий с накоплением нового знания, разрешение противоречий с переходом количества в качество и отрицание отрицания при переходе к следующему циклу развития.

Главной движущей силой развития науки являются потребности общественно-исторической практики. В особенности это относится к прикладным направлениям, в том числе и к ядерной геофизике. Формирование и развитие прикладного направления сильно зависят не только от достижений академической науки, но и от состояния

производства и организации внедрения разработок. С этой точки зрения, развитие ядерной геофизики определяется достижениями академической науки, растущими потребностями промышленности в полезных ископаемых, развитием уровня производства и организации внедрения новых разработок. Требуется удешевления стоимости работ за счет максимального сокращения как объемов исследований, так и используемого комплекса методов, предопределяет замедление развития и переход к инволюции. Преобладание прогрессивных факторов приводит к ускорению развития, регрессивных – к замедлению и спаду. Противоречия между этими двумя группами факторов, последовательно проходящие этапы гармонии, дисгармонии, конфликта и переход к новому качеству определяет основные тенденции циклов развития ядерной геофизики.

Ядерная геофизика сформировалась как результат использования достижений ядерной физики в геологии. На начальных стадиях развития значительный прогресс обеспечили промышленные производственные источники излучения, в том числе импульсных, создание новых методов, разработка их теории, методики, метрологии и аппаратуры. Работы выполнялись крупными научно-исследовательскими центрами и НИИ, в том числе Волго-Уральским филиалом ВНИИГеофизика, созданным в г. Октябрьском. Подготовка кадров осуществлялась учебными подразделениями ядерно-геофизического профиля (Ленинградский и Свердловский горные институты, Московский институт нефтехимической и газовой промышленности им. Губкина (МИНХиГП)). Наряду с обучением ВУЗы проводили большую научно-исследовательскую работу с участием студентов, которым прививали интерес и навыки к исследовательской работе. Опробование и внедрение разработок осуществлялось многочисленными опытно-методическими партиями и экспедициями. Общее руководство работами и государственное финансирование осуществляло Министерство геологии СССР.

Взаимодействие всех этих элементов обеспечивало интенсивное развитие ядерной геофизики. К 70-м годам XX века уже насчитывалось более сотни различных радиоактивных и ядерных методов, их модификаций и вариантов (Е.М. Филиппов [1]). В том числе наиболее информативных спектротрических. Прогрессу также способствовало быстрое развитие вычислительной техники (Р. Бейтман [2]),

позволяющее при помощи ЭВМ выполнять не только сложную обработку и интерпретацию результатов измерений, но и теоретическое моделирование.

Однако уже к середине 70-х годов из-за отставания аппаратурной составляющей разработок, связанного с уровнем развития электронной промышленности, темпы развития ядерной геофизики снизились. Особенно это было заметно в отечественной геофизике. Замедление темпов роста не привело к регрессии, поскольку ситуация разрешилась с началом бурного развития цифровых технологий, позволивших перейти к созданию многоканальных цифровых приборов и осуществлять компьютерную обработку получаемых данных. Это открыло новые возможности не только интегральных, но, в первую очередь, сложных спектротрических модификаций.

Компьютеризация ядерной геофизики, использование новых детекторов и ФЭУ, сложного программно-алгоритмического обеспечения интерпретации и т.п. при наличии квалифицированных кадров и структур, позволяющих осуществлять разработку и внедрение новых технологий, обеспечили возобновление быстрого роста эффективности геофизических исследований. Ядерная геофизика переживала расцвет своего развития.

Широкое использование компьютеризации и новых технических возможностей, создало иллюзию бесконечного устойчивого прогресса ядерной геофизики, но привело к возникновению и развитию дисбаланса между аппаратурными и методическими возможностями. Теоретико-экспериментальное направление начало отставать от аппаратурного, т.к. оно требовало значительных вложений, но не давало быстрого и, главное, гарантированного результата. «Аппаратурный перекокс» привел к потере популярности теоретико-методических разработок. Работать в этом направлении стало не престижно и невыгодно. В результате новые аппаратурные разработки в большинстве своем используют старые методические и метрологические возможности, что снижает их информативность и эффективность. Таким образом, происходит усиление влияния регрессивного фактора развития и, соответственно, замедление скорости развития.

В отечественной геофизике этот период практически совпал с распадом СССР и перестройкой российской геологии по западному образцу. Произошла смена приоритетов – основной целью деятельности стало быстрое развитие вычислительной техники (Р. Бейтман [2]),

Последние годы явно обозначилась тенденция отказа от наиболее информативных, но сложных спектрометрических модификаций и возврат к интегральным.

Примером может служить выполненное одним из покупателей усовершенствование аппаратуры ОТСК-ОСЗП, разработанной ЗАО НПФ «ГИТАС» по заказу АО «Газпром» (2014 г.) на основе приборов КСПРК-Ш-48 и МИД-К. КСПРК-Ш-48 включает зонды СГК, ЗСНГК-Ш и 2ННК. «Модернизированная» аппаратура реализует мультиметодный многозондовый нейтронный каротаж (ММНК) и представлена аппаратурной линейкой [3]:

- ЗСНГК + 2ННК-Т;
- СГК + 2ННК-Т + 2ННК-НТ;
- СГК + 2ННК-Т + 3ННК-НТ.

Вариант ЗСНГК+2ННК фактически представляет собой КСПРК-Ш (48 мм), но без СГК и с заменой СГК-Ш на СГК, что приводит к потере возможности построения объемных моделей и решения задач, базировавшихся на детальной регистрации низкоэнергетического спектра ГИРЗ.

Вариант СГК + 2ННК-Т + 2ННК-НТ с заменой двух зондов СГК на зонды ННК-НТ еще более упрощенный по сравнению с первым, так как вместо двух спектров НГК измеряется два интеграла ННК по надтепловым нейтронам. Применение комплекса ННК по тепловым и надтепловым нейтронам по сути представляет собой двухканальный вариант спектрометрии ННК, аналогичный варианту СГК 1962 г. А. М. Блюменцева. Несомненно, спектрометрия ННК даже в таком варианте гораздо информативнее стандартного ННК-Т или ННК-НТ. Однако, 2ННК-НТ в данном случае не дополняет, а заменяет два зонда СГК, исключая возможность радиального зондирования прискаженной зоны по элементному составу и гамма-лучевым свойствам.

Вариант СГК + 2ННК-Т + 3ННК-НТ несколько более сложен и информативен по сравнению с предыдущим за счет наличия дополнительного зонда ННК-НТ. Однако принципиальных положительных эффектов и этот вариант не дает, поскольку «уникальная возможность разноглубинного зондирования прискаженной зоны для определения характера радиального распределения насыщенности коллектора углеводородными флюидами» [3] основана на глубинности ННК-НТ и ННК-Т, существенно уступающей глубинности СГК, единственный зонд которого в данном варианте не позволяет осуществлять

логии СССР было ликвидировано, государственное финансирование научных разработок прекращено. Практически были уничтожены рудная и угольная геофизики, обеспечившие за годы советской власти значительные запасы сырья. Произошло дробление и переход объектов полезных ископаемых в частные компании, НИИ и геофизические экспедиции были закрыты или преобразованы в акционерные общества, опытно-методические подразделения прекратили свое существование, а система специализированного геофизического образования фактически была разрушена. В настоящее время в высшей школе России полностью прекращена подготовка специалистов по ядерной геофизике, а выпускаются лишь специалисты общего профиля.

Снижение уровня подготовки специалистов в области ядерной геофизики уже сегодня начинает сказываться на эффективности геофизических исследований. Последнее время все чаще наблюдаются попытки решения геолого-геофизических задач широким комплексом косвенных методов ГИС без привлечения прямых. Например, Техническим заданием (ТЗ) на проведение геологоразведочных работ по оценке извлекаемости богатых порошковых железных руд предусмотрены исследования скважин методами квернотметрии, инклинометрии, АКЦ, стандартного электрокаротажа, ГК, электромагнитного акустического, ННК и плотностного ГГК без использования прямого метода определения содержания железа общего – СГК. Принимая во внимание тот факт, что наиболее богатыми порошковыми рудами являются окисленные и гидротизированные разности, которые плохо выявляются запланированным комплексом ГИС, отказ от применения СГК, хорошо зарекомендовавшего себя при исследовании аналогичных объектов региона в начале 90-х годов, красноречиво говорит об уровне квалификации готовивших ТЗ специалистов.

Таким образом, произошедшая переориентация в направлении удешевления работ за счет упрощения технологии и сокращения объема исследований усугубила замедление развития отечественной ядерной геофизики. К сожалению, движение в этом направлении продолжается, поскольку на фоне старения и оттока высококвалифицированных кадров и отсутствия притока квалифицированных молодых специалистов «аппаратурный перекос» запустил процесс утраты понятийной составляющей, без которой не только невозможно создание новых методических разработок, но и «выхолащиваются» старые.

мерения ГК в стандартном энергетическом диапазоне с фильтром низких энергий (GR) и в высокоэнергетическом диапазоне с учетом низкоэнергетической части спектра (High Gamma Ray) и вместо СНГК – зонды интегрального НГК.

Таким образом, с сожалением можно констатировать, что в настоящее время развитие ядерной геофизики прошло свой максимум и входит в зону деградации. Насколько устойчива будет регрессия и насколько глубокоим будет провал, зависит не только от новых достижений технического прогресса, но и от мировоззрения людей, определяющих приоритеты развития.

Очевидно, что в обозримом будущем потребности общества в полезных ископаемых с течением времени будут только нарастать. Не вызывает сомнения и ускорение развития промышленности, обеспечивающее прогресс аппаратурной составляющей, но без развития образования, научно-исследовательской сферы и внедрения новых аппаратурно-методических разработок замедление развития и инволюция неизбежны.

Прогресс в аппаратурной области способен лишь на какое-то время замедлить скорость инволюции. Однако возможность развития определяют все-таки теоретико-методические исследования, поскольку аппаратра, при любой ее сложности, – это всего лишь способ получения первичной информации, содержание и качество которой для решения конкретной поставленной задачи формулирует методист. Исходя из того, что нынешняя инволюция ядерной геофизики связана с отставанием развития теории и методики, необходимо восстанавливать понятийный уровень знаний и, опираясь на пока еще не утерянные традиции, развивать понятийную область геофизики, приводя ее в соответствие с аппаратурными возможностями.

Чем скорей начнется движение в этом направлении, тем с меньшими потерями ядерная геофизика сможет преодолеть регрессивную тенденцию развития. При этом особую важность приобретает восстановление системы образования, как наиболее длительного процесса. Это связано еще и с тем, что с переходом на сложные объекты разработки идея полной автоматической обработки и интерпретации данных потеряла фiasco. Сложнейшие автоматизированные системы и программы обработки продолжают требовать участия квалифицированного интерпретатора и специальной метрологии, в то время как количество высококвалифицированных специалистов неуклонно сокращается.

радиальное зондирование по ГИРЗ. Следовательно, большую часть информации технология ММНК во втором и третьем вариантах дает о ближней присважинной зоне. Кроме того, отсутствие радиального зондирования по СНГК-Ш не позволяет выполнять нейтронную цементметрию по многократно рассеянному гамма-излучению и плотности. Учитывая тот факт, что нейтронная цементметрия по каллюности и параметру дефицита водородосодержания и плотности (Pdd) имеет ограниченное применение в зависимости от типа разреза и условий измерений, второй и третий варианты ММНК при решении этой задачи характеризуются снижением информативности относительно ОТСК-ОСЗП. Поэтому авторы «модернизации» признают, что «не полностью реализованы и требуют дальнейшей разработки аналитические возможности технологии ММНК по диагностике заполнения законного пространства цементами различной плотности...» [4]

Таким образом, «модернизация» аппаратуры ОТСК-ОСЗП посылает, что в отечественной спектрометрии начинается проявляться тенденция инволюции в угоду упрощению аппаратуры, обработки и интерпретации данных, даже несмотря на отказ от решения ряда геолого-геофизических задач.

Эта тенденция наблюдается и в зарубежной ядерной геофизике, что подтверждает общую закономерность. Например, аппаратра GLT фирмы «Шлюмберже» уже в 1987 г. позволяла одновременно выполнять методы СНГК, ШНАК, ИСНГК и определять более 10 элементов (K, U, Th, Al, Ca, Si, Fe, Ti, Cd, S, H, Cl) [5], что обеспечивало расширение области решаемых ЯГФМ геологических задач, в том числе переход к многоэлементному анализу горных пород в естественном залегании и реализацию литохимического каротажа на месторождениях углеводородов.

Уже тогда было понятно, что информацию об элементном составе горных пород углегазовых месторождений можно использовать не только для расчета объемной литомодели, но и для выделения углеводородов, нефтематеринских горных пород, глинистости и пористости отложений, оценки условий осадконакопления, проницаемости, рисков строительства скважин и т. д. Однако технология литохимического каротажа оказалась слишком сложной и дорогостоящей. В настоящее время большинство менеджеров фирмы «Шлюмберже» о ней даже не знают. А на рынке геофизических услуг появилась аппаратура Quad (Roke Ltd.), использующая вместо СНГК двухдетекторные из-

Таким образом, наблюдаемые в настоящее время тенденции развития ядерной геофизики, определяемые общим законом формирования прикладной науки, указывают на усиление регрессивной составляющей, неизбежно приводящей к замедлению развития и инволюции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппов Е. М. Ядерная разведка полезных ископаемых: Справочник. К.: «Наукова думка», 1978. 588 с.
2. *Vateman R. M.* Developments in Formation Evaluation // *Drilling*. 1986. V. 111. P. 29.
3. Развитие технологии многозондового нейтронного каротажа для исследования газонасыщенности в обсаженных скважинах. Методология и практика применения. М.–Тверь: ПолиПРЕСС, 2018. 238 с.
4. Черепанов В. В., Ахмедсафин С. К., Кирсанов С. А. и др. Применение технологий нейтронного каротажа скважин при разработке нефтяного месторождения // *Газовая промышленность*. 2019. Спецвыпуск № 1 (782). С. 44–49.
5. *Herron M. M.* Future Applications of Elemental Concentrations from Geoschemical Logging // *Nucl. Geophys.* 1987. № 3. P. 197–212.

Информационные сообщения

УДК 550.832

В. Т. Перельгин, В. Н. Даниленко, А. А. Сергеев
АО НПП «ВНИИГИС»

СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА ВНИИГИС ДЛЯ РЕШЕНИЯ СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИНАХ

Представлены основные достижения ВНИИГИС по следующим направлениям: контроль нефтенасыщенности комплексом радиоактивных методов, пространственные методы исследования околоскважинного пространства, контроль технического состояния скважин, технологии для исследования и добычи трудноизвлекаемых запасов, гидродинамический каротаж приборами на кабеле и сверлящие керноотборники, технология глубокого промыслового мониторинга разработки месторождений.

Ключевые слова: контроль нефтенасыщенности, радиоактивные методы, наклонномер, вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП), электромагнитная дефектоскопия, трудноизвлекаемые запасы, сверлящий перфоратор, гидродинамический каротаж, проботборник, керноотборник.

АО НПП «ВНИИГИС» является одним из крупнейших научно-производственных центров геофизических исследований скважин в России. В настоящее время компания представляет собой группу собственно ВНИИГИС и целого ряда малых предприятий, занимающихся сервисными работами и созданием и усовершенствованием совместно с ВНИИГИС новых разработок, направленных на решение сложных геолого-технических задач.