

НЕФТЕГАЗОВАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА

УДК 550.834.04

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕВЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ В КОНТИНЕНТАЛЬНОМ НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ РОССИИ*

© А.В. БЕЛОУСОВ

(РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, Минобрнауки РФ,
Российская Федерация, 119991, г. Москва, Ленинский просп., д. 65)

Начало XXI века характеризуется усложнением задач, стоящих перед поисково-разведочным этапом геологоразведочных работ – уменьшением доли структурных залежей углеводородов, уменьшением толщин пластов, увеличением доли коллекторов со сложной структурой порового пространства. Среди методов поисков и разведки на первом месте стоят методы разведочной геофизики. В статье рассматривается география геологоразведочных работ на нефть и газ, проводится обзор современных методов и технологий геофизических работ, основное внимание уделяется перспективам геофизических исследований, в частности, сейсморазведки, в различных геологических условиях.

Ключевые слова: нефтегазовая сейсморазведка, география геофизических работ, геофизические исследования, методика и технология сейсморазведки.

Введение. География работ на нефть и газ. По мнению экспертов, в данный момент не только в России, но и в зарубежных странах наблюдается уменьшение эффективности геологоразведочных работ на нефть и газ, не вполне компенсируемое разработками новой аппаратуры и технологий в области полевых геофизических исследований, а также ростом вычислительных мощностей и развития программно-алгоритмического обеспечения в области обработки и интерпретации геолого-геофизических данных [2]. Подобный эффект может быть обоснован постепенно усложняющимися задачами, стоящими перед геолого-геофизическими работами, ввиду уменьшения числа и размеров подготавливаемых к глубокому бурению традиционных

*Статья рекомендована к печати доктором геолого-минералогических наук, профессором, заслуженным геологом РФ В.П. Филипповым.

антиклинальных ловушек, усложнением строения изучаемых природных резервуаров, роста глубины исследований, роста степени выработанности недр и др. [11].

По состоянию на текущий момент по подтвержденным континентальным запасам (категории А+В+С₁) нефти и газа лидирует Уральский федеральный округ, включающий в себя Западно-Сибирскую нефтегазоносную провинцию. Остальные округа характеризуются на порядок меньшими запасами по каждому виду углеводородного сырья. Ниже они ранжированы в порядке убывания запасов: Южный и Северо-Кавказский округа; Приволжский округ, Дальневосточный округ, Сибирский округ [3]. В среднесрочной (10 лет) перспективе будет вестись доразведка Западно-Сибирской и Тимано-Печорской провинций, а также мониторинг процессов разработки – при помощи средств детализационных геофизических методов, геофизических и гидродинамических исследований скважин (ГИС и ГДИС). Постепенно основное внимание (в разведке и эксплуатации месторождений) будет переноситься на Сибирский и Дальневосточный регионы, слабо исследованные на нефть и газ. В долгосрочной (25 лет) перспективе большая часть новых геологоразведочных работ (ГРР) будет проводиться в этих округах. Отметим усложнение географических условий перспективных регионов, которые характеризуются не только сложным строением пластов-коллекторов, но и крайне неблагоприятными сейсмогеологическими условиями – как приповерхностными, так и глубинными. Все это, а также сложные климатические условия и удаленность от освоенных территорий существенно удорожает полевые геофизические исследования.

Перспективы прироста запасов углеводородного сырья следует связывать не только с увеличением объемов геологоразведочных работ, но и с разработкой новых геофизических технологий в области поверхностных и скважинных исследований. Повышение эффективности разработки месторождений невозможно без развития способов геофизического мониторинга.

При изучении сложнопостроенных природных резервуаров чрезвычайно важным является комплексирование разномасштабных геолого-геофизических исследований на основе математической модели коллектора (петроупругое моделирование – rock physics): от литологических исследований, проводимых наnano- и микроуровнях (10^{-10} – 10^0 м), через петрофизику и ГИС, соответствующих микроуровню (10^{-6} – 10^1 м), к сейсмическим исследованиям, характеризующим макроструктуру горных пород (10^1 – 10^3 м). Подобное комплексирование повышает эффективность и обоснованность применения современных технико-методических приемов ведущего геофизического метода – сейсморазведки.

Геофизические исследования. Результаты полевых геофизических исследований дают возможность выявить ловушки углеводородов, оценить потенциальные запасы углеводородов по категориям D₁–C₃ (до категории C₂ при высокоплотной площадной съёмке) и, как правило, сопровождаются поисково-разведочным бурением и геофизическими исследованиями околоскважинного пространства (ГИС), дающими более точное представление о фактически извлекаемых запасах (категории C₂–C₁, B, A). В разведочной геофизике подав-

ляющая доля всего объёма работ (более 90 %) приходится на сейсмические методы разведки, позволяющие получить высокоточное детализированное изображение земных недр. В качестве вспомогательных полевых геофизических методов достаточно часто используются гравиметрические, намного реже – электроразведочные исследования, исключительно редко (ввиду естественных ограничений методов) – исследования методами ядерной геофизики и др. [7, 10].

С каждым годом задачи, возникающие перед геофизической разведкой залежей нефти и газа, требуют внедрения новых технологий, нестандартных решений и интеграции различных дисциплин. Россия практически утратила статус мирового производителя геофизического оборудования в области сейсморазведки. С целью соответствия высоким требованиям нефтегазовых компаний к качеству геофизических работ, отечественные компании закупают импортное оборудование и программное обеспечение. Производимое в РФ оборудование для геофизических исследований скважин за редким исключением существенно уступает западным аналогам. Сложившаяся ситуация вызвана не только отсутствием в стране современных высокотехнологических производств (микроэлектроника, современные материалы и технологии), но и утратой многих научных школ в данной области из-за длительного недофинансирования.

Методика сейсморазведочных работ. Методика полевых сейсмических исследований включает возбуждение упругих волн различными способами (взрыв, вибрационное или импульсное воздействие) и регистрацию колебаний почвы датчиками, расположенными на земной поверхности. Различают профильную (2D), пространственную (3D) и пространственно-временную (4D) сейсморазведку. Последняя применяется в настоящее время исключительно на стадии разработки месторождения для контроля за положением ВНК/ГНК/ГВК и оценки изменения свойств горных пород в процессе разработки.

Большая часть территории России покрыта 2D-съёмкой МОГТ кратности от 6 до 120. Результаты 2D-сейсморазведки позволяют сформировать предварительные представления о геологическом строении регионов, выделить потенциально нефте- и газоносные (как правило, в структурном плане) регионы и районы.

С конца 80-х годов XX века начато внедрение, а с начала XXI века – широкое развитие площадной сейсморазведки. Отметим, что предварительные 2D-работы с рекомендуемой плотностью профилей не менее 0,1–0,5 пог. км/км² по-прежнему являются необходимым этапом для выбора перспективных объектов для постановки 3D-съёмки и оптимизации параметров возбуждения и приёма упругих волн.

В настоящее время сформировалась этапность исследований для перспективных участков методами сейсморазведки: при отсутствии геологогеофизической информации о районе работ целесообразно применять 2D-съёмку; при наличии скважинных данных и результатов МОГТ 2D целесообразна постановка высокократной площадной 3D-съёмки для оптимизации рас-

положения сети скважин разведочного бурения, выводов о целесообразности бурения скважин.

Отметим, что стоимость 3D сейсморазведочных работ на участке 10×10 км сопоставима со стоимостью бурения одной скважины, так что экономический эффект от прироста геологической информации очевиден.

Последнее десятилетие характеризуется интенсивным переходом от профильных к площадным системам наблюдений, позволяющим получить детальное объёмное изображение среды, которое может быть использовано в процессе дальнейшей разведки и разработки месторождения вплоть до стадии построения глубинных геологических моделей пластов-коллекторов. Данный переход вполне обоснован и с точки зрения более полного использования энергии источников сейсмических колебаний, что делает возможность осуществлять прием и регистрацию сигналов не только в направлении линии профиля, но и во всей плоскости наблюдений [13].

Всё многообразие систем 3D-наблюдений с использованием шаблонов съемки основано на различии в положении линий ПВ и типе перекрытий [1]. Из существующих 3D-систем наблюдений наибольшее применение на территории России получили системы типа «крест», «кирпич», сочетающие технологичность отработки в, как правило, сложных географических условиях, с приемлемым распределением геофизических параметров съёмки, в различных модификациях. Съёмки типа «зигзаг», «наклонная», «радиально-кольцевая» и др., обеспечивающие равномерность азимутально-оффсетных параметров и широко применяющиеся за рубежом (в основном, в пустынных районах), не нашли применения в России. Опытные работы, поставленные на отдельных лицензионных участках в разное время с 2000 по 2012 гг., не показали существенного прироста информации за счет более оптимального расположения пунктов приёма и возбуждения колебаний в геометрии съёмки вследствие сложности выделения сигнальной составляющей волнового поля ввиду практически повсеместно сложного строения верхней части разреза (зона малых скоростей сейсмических волн, зона развития многолетнемёрзлых пород и т.п.).

Развитие методической части полевых работ направлено в настоящее время в сторону увеличения азимутальности съёмок, то есть регистрации всех возможных направлений подхода волн от источников для получения возможности оценивания анизотропных упругих свойств пластов (в частности, определения ориентации систем трещин в карбонатных пластах-коллекторах трещинного типа для оптимизации процессов разработки) при сохранении относительно простой геометрии съёмки. В случае 2D предлагаются новые методические приемы в области высоконаправленного приема волн по признаку поляризации (модификация ВП ОГТ) с целью оптимального разделения интерференционной волновой картины [9].

Подавляющее большинство (около 98 %) работ сейчас ведётся на продольных (P) волнах. Некоторое (хотя и крайне небольшое) распространение получили многокомпонентные съёмки, позволяющие зарегистрировать не только продольные, но и поперечные волны (в обменной модификации PS), что теоретически утраивает прирост полезной информации о геологическом

строении, получаемой по сейсмическим данным, но требует существенного усложнения способов и алгоритмов обработки данных для выделения обменной составляющей. На текущий момент единого подхода к обработке PS-волн нет, а вопрос об эффективности данной модификации остаётся открытым. Отметим, что одной из основных причин отсутствия востребованности много волновой сейморазведки является крайне малое число примеров ее использования на территории России для решения поисковых задач [8].

Практически не получили развития съёмки на поперечных волнах (S), гораздо более чувствительных к литологии и трещиноватости горных пород. Для выполнения данного вида работ необходимы специальные источники возбуждения колебаний. При обработке и интерпретации данных отмечается сильное влияние условий регистрации, что приводит к неоднозначности получаемых результатов.

Целесообразность использования S- и PS-волн показана на текущий момент для неглубоко залегающих (порядка 1000 м) коллекторов, а также в области инженерной геофизики.

Появление и внедрение (с начала 2000-х годов) цифровых многокомпонентных датчиков (акселерометров) способно возродить интерес к регистрации различных типов волн, так как обеспечивает технологичное решение по одновременной регистрации всех типов смещений. Акселерометры характеризуются повышенной (по сравнению с электродинамическими сейсмоприёмниками) чувствительностью и стабильной амплитудно-частотной характеристикой в диапазоне частот от 5–7 Гц, в то время как наиболее широко применяемые на текущий момент приёмники GS-20DX имеют резонансную частоту 10 Гц и область стабильной регистрации амплитуд от 12–15 Гц. По стоимости производства акселерометры в данный момент на порядок дороже; кроме того, технология работ с акселерометрами подразумевает регистрацию волнового поля одиночными датчиками, тогда как при работе с электродинамическими сейсмоприемниками скорости широко распространено применение интерференционных систем для повышения стабильности, улучшения качества сигнала, а также подавления низкоскоростных волн-помех с линейными годографами, образующих одну из основных проблем при обработке данных сейморазведки (один регистрирующий канал представляет собой в таком случае совокупность установленных на некотором расстоянии друг от друга и электрически соединенных (параллельно, последовательно или последовательно-параллельно) датчиков, например 12 приёмников на базе 25 м и т.п.).

Вопрос целесообразности применения одиночных датчиков широко обсуждается в текущий момент. Сторонники применения акселерометров рекомендуют уменьшать шаг пикетов приема до интервалов, характеризующихся возможностью использования цифрового группирования на стадии обработки (2,5–5 м) [12]. Это, однако, приводит к увеличению в 10–20 раз объёма регистрируемой информации при одновременном (правда, единоразовом) удешевлении стоимости оборудования в 20–30 раз.

Оценка возможностей и технологических путей снижения стоимости акселерометров, а также оптимизация методов расположения одиночных датчи-

ков на площади работ для создания эффекта, наследующего положительные свойства группирования, но избавленного от его недостатков (таких как невозможность адаптации параметров группы в процессе выполнения работ, вероятность подавления отдельных полезных волн и т.п.), представляют собой одно из перспективных направлений исследований. Заметим, однако, что на территории России созданием датчиков упругих волн в промышленных масштабах для нужд нефтегазовой сейсморазведки занимается только одно предприятие – ООО «Geospace Technologies Eurasia» (ООО «Геоспейс Технолоджис Евразия») (г. Уфа).

Помимо этого, существует общая тенденция к увеличению числа каналов регистрирующих систем с одновременным уменьшением расстояний между пунктами геофизических наблюдений.

Определенное распространение в последние годы получили бескабельные (cable-free) и облегченные (cable-less) системы регистрации сейсмической информации, не требующие километров связующих линий. Появление многочисленных разработок бескабельных систем (главным образом, зарубежных) свидетельствует о насущной потребности рынка сейсмических исследований в удобной и надежной системе, позволяющей решить следующие задачи [4]: прокладывать профиль независимо от естественных препятствий; моделировать приемные системы независимо от длины кабеля. Бескабельные системы могут применяться для регистрации волнового поля в труднопроходимых районах, районах с резкими перепадами рельефа, районах городской застройки и др. К сожалению, отечественный опыт производства подобных датчиков практически не развит, работы по этому направлению ведутся, главным образом, в СКБ СП (г. Саратов) – система SCOUT. Ограниченностость развития данного типа систем связана с существенно возрастающей стоимостью оборудования, а также с необходимостью изменения технологического процесса регистрации (бескабельные датчики имеют встроенное хранилище данных типа накопителя SSD, необходим периодический сбор информации с датчиков, процедура сбора требует значительного ручного труда). Среди основных аргументов против применения бескабельных систем – невозможность оперативного контроля сейсмограмм, так как перенос информации осуществляется в соответствии с требованиями технологии раз в несколько дней. В России опробование бескабельных систем начато в режиме опытных работ Оренбургской геофизической экспедицией [4] в 2012 г.

Заметим также, что системы со встроенными радиомодулями и беспроводными сетями передачи информации довольно успешно используются для преодоления эксклюзивных зон (судоходные реки, балки, овраги с резкими берегами), где проложение кабелей невозможно физически.

Проблемы экологии сейсморазведочных работ привели к разработке большого спектра невзрывных источников возбуждения сейсмических колебаний. К ним относятся вибрационные и импульсные (электроискровые, пневматические и т.п.). По энергии такие источники, конечно, несопоставимы с взрывным воздействием, но они обладают рядом достаточно серьезных преимуществ, как то: дешевизна повторений физических наблюдений, простота и

безопасность использования (при соблюдении рекомендуемых заводом-изготовителем требований и выполнении периодических поверок), а для вибрационных источников также возможность управления формой возбуждаемого сигнала. Импульсные источники в настоящее время широко применяются в природоохранных зонах и на территориях жилых массивов; вибрационные – практически везде. На 2012 год соотношение партий, работающих со взрывными и вибрационными источниками, составило примерно 50/50. В России только одна компания занимается разработкой и модернизацией вибрационных установок – ЗАО «ГеоСвип» (г. Москва). В перспективе ожидается дальнейшее увеличение доли работ с вибрационными источниками, вследствие чего разработка новых конструкций и расширение частотного диапазона возбуждаемого сигнала являются крайне актуальными вопросами.

С методической точки зрения работа с виброисточниками позволяет оптимизировать технологию производства полевых работ. За рубежом применяются такие технологии, как перекрывающиеся по времени возбуждения колебаний различными группами вибраторов (*slip-sweep*), вибрационная сейсморазведка повышенной достоверности (*high-fidelity vibroseis*), позволяющие при незначительной (тем не менее, неизбежной) потере качества регистрируемых данных увеличить производительность работ в несколько раз. Отметим, однако, что данные технологии получили распространение, главным образом, в пустынных районах. На территории России вопрос даже незначительной потери качества данных становится очень острым из-за огромного влияния на данные верхней части разреза. Основные тенденции развития вибрационной сейсморазведки сводятся к расширению частотного состава возбуждаемых колебаний в сторону низких и высоких частот; повышению производительности работ; попытке использования нелинейных искажений вибросейсмических сигналов, возникающих вследствие неидеальности конструкции вибратора, контакта плита–грунт, нелинейности распространения волн в земле, для получения дополнительной информации о геологическом строении [5].

Для систем сбора и регистрации сейсмической информации характерен полный переход на цифровые телеметрические системы, позволяющие вести запись данных на современные носители (накопители на магнитных лентах и жестких дисках, сетевые хранилища и др.) в режиме *on-line*, что особенно важно при вибрационном возбуждении колебаний. Пропускная способность определяется свойствами системы (кабельная или бескабельная), а также количеством и типом промежуточных модулей хранения и передачи информации. В России разработка телеметрических станций для нужд структурной и нефтяной сейсморазведки ведется СКБ СП (г. Саратов). Системы синхронизации возбуждения разрабатываются также в ООО «Сибгеофизприбор» (г. Новосибирск).

Можно отметить, что для проведения вспомогательных (инженерных) работ по изучению строения верхней части разреза (микросейсмокаротаж, исследования методом преломленных волн), также начинают использоваться телеметрические станции, что приводит к улучшению качества зарегистрированных данных. Методы инженерной геофизики (и сейсморазведки, в част-

ности), используются для расчета статических поправок, а также для прогноза устойчивости зданий и сооружений, возводимых на нефте- и газопромыслах.

С точки зрения контроля качества получаемой информации на современном этапе развития сейсморазведки применяются системы полевой обработки, позволяющие в течение дня после отработки участка площади получить представление о качестве материалов на нескольких уровнях: 1) количественные оценки исходного волнового поля; 2) сейсмические разрезы.

Основные вопросы использования количественных оценок:

– выбор типа сейсмограмм для проведения оценивания (необработанные, после полосовой фильтрации, после восстановления амплитуд и т.п.). Так, показано [6], что результаты анализа обработанных и необработанных сейсмограмм при выбросейсмических наблюдениях могут привести к радикально отличающимся выводам;

– комплексирование оценок, полученных по подборкам ОПВ, ОПП, ОСТ для учета не зависящих от технологии производства работ факторов.

Конечно, полевая обработка не сопоставима по качеству с обработкой на стационарном вычислительном центре, но перед ней и не стоят динамические и миграционные задачи, требующие участия большого числа специалистов. Отметим, однако, что существуют уже отдельные примеры передачи полевых данных на вычислительные центры при помощи Интернет-технологий. Небольшая распространенность этих примеров связана, в основном, с удаленностью площадей проведения работ от базовых станций и технологических центров, а также с высокой стоимостью и сравнительно небольшой пропускной способностью (на передачу информации) спутниковой Интернет-связи. Объем трафика, генерируемого сейсмопартией, достаточно велик (1–9 Гб данных в день). Для передачи сейсмических данных в связи с их особенностями не подходят стандартные алгоритмы архивации, что формирует задачу сжатия данных без потери качества, для которой в настоящее время нет удобного и доступного решения. Ряд алгоритмов предложен западными компаниями (например, Gedco), но является проприетарным и неустойчивым с точки зрения восстановления исходной информации.

Прогнозы на ближайшую (10 лет) и долгосрочную (25 лет) перспективы в области методики полевых работ в настоящее время отличаются лишь количественным аспектом (расстояния между пунктами геофизических наблюдений), качественный скачок в области техники и аппаратуры не ожидается. Основное развитие методы сейсморазведки получают в области обработки и интерпретации сейсмической информации, что связано с изначально заложенной в метод общей средней точки избыточностью данных, так что практически любое изменение методики может рассматриваться как подмножество уже известного множества систем наблюдений ОСТ.

Заключение. Подводя итог изложению сложившейся ситуации в области сейсмических исследований на суше, выполняемых по заказу нефтегазовых компаний, отметим следующее:

1. Развитие систем регистрации и приема полевых сейсмических данных будет идти количественным путем: увеличение количества датчиков, плот-

ности и азимутальности съемки и т.п. Основную роль при этом будут играть зарубежные производители геофизического оборудования. Развитие алгоритмов обработки данных будет происходить прежде всего с учетом возрастающего объема регистрируемой информации с целью повышения качества сейсмических изображений в сложных геологических условиях.

2. При изучении сложнопостроенных природных резервуаров особую роль начинает играть комплексная интерпретация разномасштабных геолого-геофизических исследований на основе математической модели коллектора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Актуальные вопросы оптимизации геометрии 3D сейсмических наблюдений/А.В. Белоусов, Ю.Ш. Закариев, М.З. Мусагалиев, А.Л. Плешкевич, Н.Н. Цыпышев//Геофизика. – 2007. – № 3. – С. 72–81.
2. Блюменцев А.М., Мельчук Б.Ю. К вопросу о качестве геофизических технологий//Приборы и системы разведочной геофизики. – 2012. – № 39. – С. 8–11.
3. Гаврилов В.П. Нефть, газ – возобновляемые ресурсы, 2007 [Электронный ресурс] – http://www.gubkin.ru/faculty/geology_and_geophysics/chairs_and_departments/geology/VP_statya_Neft%20gaz%20vozobnovlyayemy.pdf
4. Опыт работ ОАО «Оренбургская геофизическая экспедиция» с системой бескабельного сбора данных SCOUT в предгорных районах Республики Кабардино-Балкария/А.С. Емкушев, Д.Н. Слонов, В.А. Красных, А.Ю. Калинин//Приборы и системы разведочной геофизики. – 2013. – № 43. – С. 6–10.
5. Сейсморазведка с вибрационными источниками/А.П. Жуков, С.В. Колесов, Г.А. Шехтман, М.Б. Шнеерсон. – Тверь: ГЕРС, 2011.
6. Основные факторы, влияющие на качество данных полевых сейсмических наблюдений, и способы его оценки/Ю.Ш. Закариев, В.Г. Марутян, М.З. Мусагалиев, А.Л. Плешкевич, В.Ю. Рябов, С.М. Рябошапко, Н.Н. Цыпышев//Геофизика. – 2007. – № 3. – С. 82–92.
7. Костицын В.И. Применение гравиразведки при поисках нефти и газа в условиях Крайнего Севера//Современные научноемкие технологии. – 2005. – № 1. – С. 100–101.
8. Кузнецов В.М. Что нужно ожидать от многоволновой сейсморазведки//Приборы и системы разведочной геофизики. – 2009. – № 30.
9. Куцоленко О.В., Селезнев В.А. К вопросу совершенствования технологий сейсморазведки при изучении глубокозалегающих сложнопостроенных нефтегазопрективных объектов//Приборы и системы разведочной геофизики. – 2011. – № 35. – С. 41–45.
10. Михайлов И.Н., Рябиков Ю.К. Гравиразведка на нефть и газ, 2010 [Электронный ресурс] – <http://neftkip.com>.
11. Михеев С.И., Постнова Е.В. Технологические аспекты эффективности и успешности геологоразведочных работ на нефть и газ//Приборы и системы разведочной геофизики. – 2010. – № 34. – С. 5–8.
12. Череповский А.В. Сейсморазведка с одиночными приемниками и источниками: обзор современных технологий и проектирование съемок. – М.: EAGE, 2012.
13. Шнеерсон М.Б., Жуков А.П., Белоусов А.В. Технология и методика пространственной сейсморазведки. – М.: Спектр, 2009.

REFERENCES

1. Belousov A.V., Zakariev Yu.Sh., Musagaliiev M.Z., Pleshkovich A.L., Tsypyshev N.N. Aktual'nye voprosy optimizatsii geometrii 3D seysmicheskikh nablyudeniy. Geofizika, 2007, no. 3, p. 72–81.

2. *Blyumentsev A.M., Mel'chuk B.Yu.* K voprosu o kachestve geofizicheskikh tekhnologiy. Pribory i sistemy razvedochnoy geofiziki, 2012, no. 39, p. 8–11.
3. *Gavrilov V.P.* Neft', gaz – vozobnovlyaemye resursy, 2007 [Elektronnyy resurs] – http://www.gubkin.ru/faculty/geology_and_geophysics/chairs_and_departments/geology/VP_statya_Neft%20gaz%20vozobnovlyaemy.pdf
4. *Emkushhev A.S., Slonov D.N., Krasnykh V.A., Kalinin A.Yu.* Opyt rabot OAO «Orenburgskaya geofizicheskaya ekspeditsiya» s sistemoy beskabel'nogo sbora dannykh SCOUT v predgornykh rayonakh respubliki Kabardino-Balkariya. Pribory i sistemy razvedochnoy geofiziki, 2013, no. 43, p. 6–10.
5. *Zhukov A.P., Kolesov S.V., Shekhtman G.A., Shneerson M.B.* Seysmorazvedka s vibratsionnymi istochnikami. Tver', GERS, 2011.
6. *Zakariev Yu.Sh., Marutyan V.G., Musagaliev M.Z., Pleshkevich A.L., Ryabov V.Yu., Ryabosh-apko S.M., Tsypyshev N.N.* Osnovnye faktory, vliyayushchie na kachestvo dannykh polevykh seymicheskikh nablyudeniy, i sposoby ego otsenki. Geofizika, 2007, no. 3, p. 82–92.
7. *Kostitsyn V.I.* Primenie gravirazvedki pri poiskakh nefti i gaza v usloviyah Kraynego Severa. Sovremennye naukoemkie tekhnologii, 2005, no. 1, p. 100–101.
8. *Kuznetsov V.M.* Chto nuzhno ozhidat' ot mnogovolnovoy seysmorazvedki. Pribory i sistemy razvedochnoy geofiziki, 2009, no. 30.
9. *Kukolenko O.V., Seleznev V.A.* K voprosu sovershenstvovaniya tekhnologiy seysmorazvedki pri izuchenii glubokozalegayushchikh slozhno postroennykh neftegazoperspektivnykh ob'ektov. Pribory i sistemy razvedochnoy geofiziki, 2011, no. 35, p. 41–45.
10. *Mikhaylov I.N., Ryabikov Yu.K.* Gravirazvedka na neft' i gaz, 2010 [Elektronnyy resurs] – <http://neftekip.com>.
11. *Mikheev S.I., Postnova E.V.* Tekhnologicheskie aspekty effektivnosti i uspeshnosti geologorazvedochnykh rabot na neft' i gaz. Pribory i sistemy razvedochnoy geofiziki, 2010, no. 34, p. 5–8.
12. *Cherepovskiy A.V.* Seysmorazvedka s odinochnymi priemnikami i istochnikami: obzor sovremennykh tekhnologiy i proektirovanie s"emok. M., EAGE, 2012.
13. *Shneerson M.B., Zhukov A.P., Belousov A.V.* Tekhnologiya i metodika prostranstvennoy seymorazvedki. M., Spektr, 2009.

Александр Валерьевич БЕЛОУСОВ окончил РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина в 2002 г. Кандидат технических наук, доцент кафедры разведочной геофизики РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. Специалист в области планирования сейсморазведочных работ и контроля качества материалов. Автор 15 научных публикаций.

E-mail: belousov.a@gubkin.ru