

Внедрение геофизической технологии оптимизации систем разработки месторождений углеводородного сырья – составная часть инновационного проектирования

Предлагается в качестве одного из ведущих методов подготовки нефтяных месторождений к освоению использовать высокоточную гравиразведку. Методическая особенность рекомендуемых геофизических работ: выполнение полевых наблюдений по сети соответствующей нормативным показателям гравиметрической съемки масштаба 1:10 000 и крупнее. При этом надежно выявляются и трассируются проявления диастрофизма земной коры: разломы, зоны повышенной трещиноватости. Осуществление геофизических работ на базе возможного минимального расстояния между профилями и пунктами наблюдений позволяет совмещать поисковый и разведочный этапы; производится не только выявление, но и подготовка нефтеперспективных объектов к эксплуатации. Реализация гравиметрического метода как геофизической технологии оптимизации систем разработки на этапах инновационного проектирования способствует повышению эффективности освоения месторождений углеводородного сырья при минимальных затратах средств и времени.

Ключевые слова: инновационное проектирование, месторождение, углеводороды, эксплуатация, трещиноватость, врезные зоны, геофизические методы, высокоточная гравиразведка.

В 90-х гг. прошлого столетия предложено (Боровский, 2001; Боровский и др., 1991; Боровский, Мухаметшин, 1998; 1999; Мухаметшин, 2006; Мухаметшин и др., 1992; 2002) использовать геофизические мобильные «несейсмические» методы для подготовки нефтяных месторождений к эксплуатации. Ключевой момент рекомендации – проведение высокоточных гравиметрических наблюдений по сети, соответствующей нормативным показателям съемки масштаба 1:10 000 и крупнее. Реализация инновационных проектов осуществлена (Боровский, 2001; Боровский и др., 2011; 2004; 2010; Мухаметшин и др., 2002а; 2002б; Богатов и др., 2001; Мухаметшин, 2006) НПУ «Казаньгеофизика» и НПО «Репер» на территории Мелекесской впадины (Енорускинское месторождение), западного склона Южно-Татарского свода (Чегодайское, Краснооктябрьское месторождения) и Северо-Татарского свода (район Анзиркинского сейсмического поднятия Танайского участка).

Как правило, на всех, в особенности заключительных, этапах освоения скоплений углеводородного сырья наиболее широко используются результаты сейсморазведки МОГТ в модификациях 2Д и 3Д (подчеркнем, в МОГТ 3Д реализуются плотные площадные системы наблюдений). Возможности сейсмических исследований значительно возрастают (Гафаров, 2012) в связи с внедрением в производственный процесс полевых бескабельных систем регистрации сейсмических сигналов.

Однако проведение сейсморазведочных работ по ряду причин (экономические, экологические, сейсмогеологические условия) бывает затруднено. При эксплуатации нефтяных месторождений наблюдается (Мухаметшин и др., 2002; Муслимов, 2012; Мухаметшин, 2006; 2013; Боровский и др., 2004; Хисамов, Файзуллин, 2011) неполное вовлечение в разработку активных запасов. Это обусловлено деформационными процессами, происходящими в пластах-коллекторах при первичном вытеснении нефти и при использовании вторичных и третичных методов.

Методические подходы к оценке деформаций должны предусматривать (Боровский, 2001; Боровский и др., 2011; 2010; 2004; Мухаметшин и др., 2002; 1992; 2000; 2002б; Бо-

готов и др., 2001; Мухаметшин, 2006; 2013; Слепак, 2005; Хисамов, Файзуллин, 2011) учет особенностей строения геологического разреза. К последним относятся тектонические нарушения (разломы, зоны повышенной тектонической трещиноватости), эрозионные врезы (погребенные долины в нижнем и среднем карбоне), зоны древнего (погребенного) карста.

В плане возможного размещения рядов нагнетательных скважин относительно линейных зон трещиноватости представляет интерес сравнительный анализ (Мухаметшин, 2006) разработки двух опытных участков залежи 221 верхнетурнейского подъяруса. Результаты многолетних исследований участков, единственное отличие которых – это расположение рядов нагнетательных и добывающих скважин относительно основного направление трещиноватости, показывают, что размещение рядов нагнетательных и добывающих скважин параллельно трещинам позволило приблизиться к величине предельной нефтеотдачи и достичь текущей нефтеотдачи 38,4%, что в 1,7 раза выше, чем при их ортогональном размещении (Боровский, 2013а; 2013б; Мухаметшин, 2006; 2013).

Раскрытие вертикальных трещин происходит и в зонах развития нижнекаменноугольных врезов. Последние ввиду их заполнения рыхлым песком или слабосцементированным песчаником представляют собой не что иное, как естественные полости в турнейском карбонатном ложе. При эксплуатации ряда нефтяных месторождений западного склона Южно-Татарского свода на естественном режиме установлено активное гидродинамическое взаимодействие пластов турнейского и визейского ярусов, что обуславливает (Мухаметшин и др., 1985; 1997) необходимость учета наличия эрозионных врезов при освоении месторождений высоковязкой нефти (Мухаметшин, 2006; 2013).

Оперативное получение информации для выявления указанных проявлений диастрофизма на базе мобильных методов предполагает (Боровский и др., 2000) также, как в сейсморазведке МОГТ 3Д, применение плотной сети измерений. При выполнении площадных высокоточных гравиметрических съемок существенно достижение густоты

сети до 400 физ. точек на 1 кв. км. Такая плотность соизмерима (Мухаметшин и др., 1991) с шириной зон разуплотнения или погребенных русел (палеодолин) древних рек (Боровский и др., 1991; Мухаметшин и др., 2002; 1992; 2000; Мухаметшин, 2006).

Осуществление геофизических работ на базе возможного минимального расстояния между профилями и пунктами наблюдений позволяет (Боровский, 2013а; 2013б; Боровский и др., 2011; 2010) совмещать поисковый и разведочный этапы, то есть производится не только выявление, но и подготовка нефтеперспективных объектов к эксплуатации. При этом исключается неоднократный возврат на одни и те же площади.

Использование высокоточной гравиразведки, как мобильного, «малозатратного» метода в новом качестве базируется на следующих положениях (Боровский, 2013а; 2013б; Боровский и др., 2011; 2010; 2004а; 2005; 2004б).

– Тектоническая природа гравитационных аномалий над зонами развитой трещиноватости осадочной толщи подтверждается данными других геолого-геофизических методов и результатами математического моделирования.

– Наличие узких зон повышенной трещиноватости над фундаментного разреза требует применения плотных систем наблюдений (гравиразведка 3D): 50×50м, 50×100м, 50×150м. Оптимальный вариант – регулярная квадратная сеть измерений.

– Интенсивность аномалий силы тяжести, обусловленных зонами повышенной тектонической трещиноватости, достигает значительных величин.

– Методика полевых наблюдений предполагает: измерения на прямолинейных и протяженных профилях; соответствие масштаба съемки размерам изучаемых объектов; выход гравиметрического профиля в нормальное поле силы тяжести (т.е. за пределы аномалиеобразующего объекта), что способствует повышению достоверности геологических результатов.

– Интерпретация гравиметрических данных выполняется по методике изучения «тонкой» структуры геофизического поля.

– Получение информации в сложных поверхностных условиях: застроенность местности, присутствие металлических и энергопроводящих сооружений и т.п.

– Экологическая приемлемость: отсутствие негативного воздействия на окружающую среду.

– Подготовка геолого-геофизической основы для последующего геофизического мониторинга при контроле за добычей углеводородного сырья, эксплуатации подземных газовых хранилищ и т.д.

Представляют интерес результаты геологического истолкования гравиметрических данных на одном из участков центральных районов Волго-Уральской нефтегазоносной области.

Гравиметрические исследования проведены на площади 50 км² по сети 100×100м. Наблюдения выполнены высокоточными компьютеризированными гравиметрами AUTOGRAVCG-3M и CG-5 фирмы SCINTREX (Канада). Среднеквадратическая погрешность определения аномалии силы тяжести в редукции Буге $\pm 0,017$ мГал.

В результате обработки полевых гравиметрических измерений построена (в условном уровне) карта гравитационного поля масштаба 1:10 000, сечение изоаномал

0,1 мГал. Важным является составление карт графиков аномалий силы тяжести в редукции Буге по широтным и меридиональным профилям (масштаб горизонтальный 1:10 000, вертикальный – в 1 см 0,2 мГал).

Как известно (Боровский, 2001; Боровский и др., 1991; 2011; 2004б; Боровский, Мухаметшин, 1998; 1999; Бычков, 2010; Геологоразведочные работы ..., 2010; Мухаметшин и др., 2002; 1992; 2000; 2002; Основы полевой и промысловой геофизики ..., 2013; 2004; Слепак, 2005; Хисамов, Файзуллин, 2011; Швыдкин и др., 2008; Якимов, 2004), зоны повышенной тектонической трещиноватости регистрируются в виде достаточно интенсивных отрицательных аномалий силы тяжести.

С целью выделения зон проявления тектонических нарушений (зоны интенсивной трещиноватости) составлены и проанализированы графики изменения поля силы тяжести (Боровский, Носко и др., 2010; Боровский, Сурков и др., 2011). Для повышения достоверности результатов гравиметрических исследований геологическому истолкованию были подвержены карты графиков силы тяжести, построенные как в субширотном, так и в субмеридиональном направлениях.

Данный методический прием позволяет изучить распределение геофизического поля, как по простиранию, так и в крест простирания предполагаемого объекта. Такая возможность обеспечена высоким качеством (прямолинейность профилей, незначительная погрешность измерения аномальных значений, высокая, 100 пунктов на 1 км² плотность сети наблюдений) выполненной гравиметрической съемки.

На профилях регистрируются локальные отрицательные возмущения геофизического поля. Фиксируются элементы гравитационного поля, предполагающие присутствие проявлений диастрофизма земной коры. Интенсивность локальных минимумов изменяется от -0,05 до -0,20 мГал, длина интервала пониженных значений величин Δg_B варьирует от 0,25 км до 1,2 км.

Характер поведения геофизического поля по различным азимутам проложения гравиметрических профилей свидетельствует, что проявление аномальных эффектов существенно зависит от пространственной ориентировки профилей.

Полученные материалы на базе геологического истолкования карт графиков Δg_B , построенных по меридиональным и широтным профилям, объединены в карту результатов интерпретации данных высокоточной гравиразведки. В плане представлены предполагаемые зоны развития повышенной трещиноватости в осадочной толще (Боровский, Носко и др., 2010; Боровский, Сурков и др., 2011).

Реализация гравиметрического метода как геофизической технологии оптимизации систем разработки на этапах инновационного проектирования способствует (Боровский, 2013а; 2013б; Мухаметшин, 2013) повышению эффективности освоения месторождений углеводородного сырья при минимальных затратах средств и времени. При наличии сложных поверхностных условий существенно (Бабаянц и др., 2014) использование крупномасштабной (масштаб съемок 1:10 000 и крупнее) аэрогеофизической разведки, широко применяющейся при изучении рудных и алмазоносных площадей и объектов.

Литература

- Бабаянц П.С., Боровский М.Я., Трусов А.А. Аэрогеофизическая разведка на этапах инновационного проектирования систем разработки месторождений малых нефтяных компаний. *Нефть. Газ. Новации*. 2014. №1. С.31-34.
- Богатов В.И., Мухаметшин Р.З., Швыдкин Э.К. и др. Комплекс мобильных полевых методов при доразведке небольших месторождений в нефти. *Тез. докладов науч. симпозиума «Новые технологии в геофизике»*. Уфа. 2001. С.242-244.
- Боровский М.Я. Геофизическая технология прогноза, поисков и разведки месторождений природных битумов: *Автореф. дисс. к.геол.-мин.н.* Казань: КГУ. 2001. 23 с.
- Боровский М.Я. Задачи разведочной геофизики в связи с инновационным проектированием разработки месторождений малых нефтяных компаний. *Мат. 40-й сессии сем. «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей»*. М.: ИФЗ РАН. 2013.а. С.60-67.
- Боровский М.Я. Состояние и перспективы разведочной геофизики в связи с инновационным проектированием разработки месторождений малых нефтяных компаний. *Нефть. Газ. Новации*. 2013.б. №2. С.6-9.
- Боровский М.Я., Богатов В.И. и др. Основные направления структурной гравиразведки на современном этапе. *Мат. 32 сессии меж. семин «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей»*. Пермь: Горный институт УрО РАН. 2005. С.20-21.
- Боровский М.Я., Богатов В.И. и др. Основные положения применения гравиметрической разведки при освоении нефтяных месторождений. *Мат. 31 сессии межд. семин. «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей»*. М.: ОИФЗ РАН. 2004.а. С.12-13.
- Боровский М.Я., Волков Ю.В., Сулейманов А.Я. и др. Применение мобильной геофизики – основа создания новых методических приемов подготовки месторождений к разработке. *Нефтяное хозяйство*. 2004.б. №12. С.88-90.
- Боровский М.Я., Мухаметшин Р.З. Высокоточные гравиметрические измерения – основа оперативного информационного обеспечения подготовки месторождений углеводородного сырья к разработке. *Тез. докладов межд. семин. «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей»*. Екатеринбург: УГГА. 1999. С.190-192.
- Боровский М.Я., Мухаметшин Р.З. Геофизическая разведка – важнейший элемент эффективного освоения месторождений нефти горизонтальными скважинами. *Мат. семинара-дискуссии «Разработка нефтяных месторождений горизонтальными скважинами»* (Альметьевск, 1996). Казань: Новое Знание. 1998. С.149-153.
- Боровский М.Я., Мухаметшин Р.З., Успенский Б.В. О необходимости применения геофизических методов при освоении залежей высоковязких нефтей и природных битумов. *Тез. докладов всесоюз. конф. по проблемам комплексного освоения природных битумов и высоковязких нефтей (извлечение и переработка)*. Казань: Изд-во Казанск. ун-та. 1991. С.78-79.
- Боровский М.Я., Носко В.П., Мельников Д.В. и др. Инновационная геофизическая технология при поисках и разведке залежей нефти. *Мат. межд. научно-практ. конф. «Инновации и технологии в разведке, добыче и переработке нефти и газа»*. Казань: Изд-во «Фэн». 2010. С.54-57.
- Боровский М.Я., Сурков А.Д., Большов В.А. и др. Гравиметрическая разведка при решении задач нефтегазовой геологии на современном этапе. *Мат. 38-й сессии сем. «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей»*. Пермь: ГИ УрО РАН. 2011. С.60-67.
- Бычков С.Г. Методы обработки и интерпретации гравиметрических наблюдений при решении задач нефтегазовой геологии. Екатеринбург: УрО РАН. 2010. 187 с.
- Геологоразведочные работы в регионах с высокой опоскопанностью недр. Под. ред. Р.С. Хисамова. Казань: Изд-во «ФЭН». 2010. 274 с.
- Муслимов Р.Х. Развитие инновационных технологий разработки нефтяных месторождений в современных условиях. *Нефть. Газ. Новации*. № 2. 2012. С.30-38.
- Мухаметшин Р.З. Геологические основы эффективного освоения и извлечения трудноизвлекаемых запасов нефти: *Автореф. дис. ... д.геол.-мин.н.* М.: ИГиРГИ. 2006. 51с.
- Мухаметшин Р.З. Нужен ли регламент на инновационное проектирование разработки нефтяных месторождений. *Нефть. Газ. Новации*. 2013. №2. С.70-86.
- Мухаметшин Р.З., Богатов В.И., Боровский М.Я. Мобильные геофизические методы на заключительном этапе геологоразведочных работ. *Докл. II межд. конф. «Перспективы развития и освоения топливно-энергетической базы Северо-Западного экономического района Российской Федерации»*. СПб: ВНИГРИ. 2000. С.126-130.
- Мухаметшин Р.З., Богатов В.И., Боровский М.Я. Первый опыт экспериментальных гравиметрических измерений при подготовке нефтяных месторождений к эксплуатации (на примере Чегодайского месторождения Республики Татарстан). *Мат. межд. науч.-практ. конф. «Проблемы и перспективы применения современных геофизических технологий для повышения эффективности решения задач геологоразведки и разработки месторождений полезных ископаемых»*. Уфа: ТАУ. 2002.а. С.549-558.
- Мухаметшин Р.З., Богатов В.И., Волков Ю.В., Лучников В.М. Использование крупномасштабной гравиметрической съемки для оптимизации систем разработки залежей нефти в карбонатных коллекторах. *Тр. науч.-практ. конф. «Новейшие методы увеличения нефтеотдачи пластов – теория и практика их применения»* (Казань, 2001). Т.1. Казань: Арт-дизайн. 2002.б. С.411-417.
- Мухаметшин Р.З., Боровский М.Я., Успенский Б.В. О целесообразности применения высокоточной гравиразведки при доразведке и проектировании разработки залежей нефти и природных битумов. *Вопросы геологии и нефтебитумоносности центральных районов Волго-Уральской области*. Казань: Изд-во Казанск. ун-та. 1992. С.43-57.
- Основы полевой и промысловой геофизики для геологов. Под. ред. Р.С. Хисамова. Казань: Изд-во «ФЭН». 2013. 359 с.
- Слепак З.М. Гравиразведка в нефтяной геологии. Казань: Изд-во Казанск. ун-та. 2005. 224 с.
- Хисамов Р.С., Файзуллин И.Н. Геолого-геофизическое доизучение нефтяных месторождений на поздней стадии разработки. Казань: «ФЭН». 2011. 228 с.
- Швыдкин Э.К., Якимов А.С., Вассерман В.А. Геофизические и геохимические технологии прогноза и оценки нефтеносности перспективных объектов. Казань: «Новое знание». 2008. 164 с.
- Якимов А.С. Геолого-геофизические методы доразведки нефтяных месторождений. Казань: Изд-во Казанск. ун-та. 2004. 128с.

Сведения об авторе

Михаил Яковлевич Боровский – Канд.геол.-мин.наук, Почетный нефтяник Минтопэнерго России, Заслуженный геолог РТ. ООО «Геофизсервис», 420029, Казань, Журналистов,7-69, Тел: 8 (927) 672-49-86.

Geophysical System Optimization Implementation in the Hydrocarbons Fields Development is Constituent Part of Innovative Engineering

M.Ya. Borovskiy

ООО «Geofizservis», Kazan, Russia, lilabor@mail.ru

Abstract. High-precision gravity survey is suggested as one of the leading methods to prepare oil fields for development. Methodological peculiarities of recommended geophysical works:

field observations on the grid of gravimetric survey scale of 1:10,000 and larger relevant to regulatory indicators. At the same time crust's diastrophism, such as faults and excessive fracturing zones, is clearly

indicated and tracked. Implementation of geophysical works on the basis of minimum possible distance between profiles and observation points allows combining search and exploration phases. Not only detection, but preparation of oil-bearing objects for exploitation is produced. Execution of gravimetric method as geophysical system optimization of development on the phases of innovative engineering enhances the effectiveness of hydrocarbon fields development at the minimum time and money consumption.

Keywords: innovative engineering, field, hydrocarbons, exploitation, fracturing, down-cutting zones, geophysical methods, high-precision gravity survey.

References

- Babayants P.S., Borovskiy M.Ya., Trusov A.A. Aero Geophysical Survey at the Stages with Innovative Designing the Systems of Field Development in Small sized Oil Companies. *Neft'.Gaz. Novatsii* [Oil.Gas.Novations]. 2014. №1. Pp.31-34. (In russian)
- Bogatov V.I., Mukhametshin R.Z., Shvydkin E.K. et al. Complex of mobile field methods for further exploration of small oil fields]. *Tezisy dokladov Nauch. simpoziuma «Novye tekhnologii v geofizike»* [Abstracts Sci. Symp. «New technologies in geophysics»]. Ufa. 2001. Pp.242-244. (In russian)
- Borovskiy M.Ya. *Geofizicheskaya tekhnologiya prognoza, poiskov i razvedki mestorozhdeniy prirodnykh bitumov: Avtoref. Diss. dokt. geol.-min. nauk* [Geophysical technology of forecasting and exploration of natural bitumen: Abstract Dr. geol. and min. sci. diss.]. Kazan: «KGU» Publ. 2001. 2 p.
- Borovskiy M.Ya. Objectives of exploration geophysics due to the innovative design of field development of small oil companies. *Materialy 40 sessii Mezhd. seminar «Voprosy teorii i praktiki geologicheskoy interpretatsii gravitatsionnykh, magnitnykh i elektricheskikh poley»* [Proc. 40th session of the Int. Seminar «Problems of the theory and practice of geological interpretation of gravity, magnetic and electric fields»]. Moscow: «IFZ RAN» Publ. 2013. Pp.60-67. (In russian)
- Borovskiy M.Ya. Status and Perspectives for Exploration Geophysics as Related to the Innovative Designing of Field Development Process in Small sizes Oil Companies. *Neft'.Gaz. Novatsii* [Oil.Gas.Novations]. 2013. №2. Pp.6-9. (In russian)
- Borovskiy M.Ya., Bogatov V.I. et al. Main directions of structural gravity at the present stage. *Materialy 32 sessii Mezhd. nauch. seminar «Voprosy teorii i praktiki geologicheskoy interpretatsii gravitatsionnykh, magnitnykh i elektricheskikh poley»* [Proc. 32 session of the Int. Sci. Seminar «Problems of the theory and practice of geological interpretation of gravity, magnetic and electric fields»]. Perm: «Gornyy institut UrO RAN» Publ. 2005. Pp.20-21. (In russian)
- Borovskiy M.Ya., Bogatov V.I. et al. Key thesis of applying gravity prospecting as related to the oil fields development. *Materialy 31 sessii Mezhd. nauch. seminar «Voprosy teorii i praktiki geologicheskoy interpretatsii gravitatsionnykh, magnitnykh i elektricheskikh poley»* [Proc. 31 session of the Int. Sci. Seminar «Problems of the theory and practice of geological interpretation of gravity, magnetic and electric fields.». Moscow: «OIFZ RAN» Publ. 2004. Pp. 12-13. (In russian)
- Borovskiy M.Ya., Volkov Yu.V., Suleymanov A.Ya. et al. Primenenie mobil'noy geofiziki – osnova sozdaniya novykh metodicheskikh priemov podgotovki mestorozhdeniy k razrabotke [Application of mobile Geophysics – a basis for creation a new methods of preparation of the field for development]. *Neftyanoe khozyaystvo* [Oil Industry]. 2004. №12. Pp.88-90.
- Borovskiy M.Ya., Mukhametshin R.Z. Vysokotochnye gravimetricheskie izmereniya – osnova operativnogo informatsionnogo obespecheniya podgotovki mestorozhdeniy uglevodorodnogo syr'ya k razrabotke [Precision gravity measurements – a basis for working informative supporting of preparation of the field for development]. *Tezisy dokladov Mezhd. seminar «Voprosy teorii i praktiki geologicheskoy interpretatsii gravitatsionnykh, magnitnykh i elektricheskikh poley»* [Proc. Int. Sci. Seminar «Problems of the theory and practice of geological interpretation of gravity, magnetic and electric fields»]. Ekaterinburg: «UGGA» Publ. 1999. Pp.190-192. (In russian)
- Borovskiy M.Ya., Mukhametshin R.Z. Geophysical surveys as key element of effective development of oil horizontal wells. *Mat. seminar-diskussii «Razrabotka neftyanikh mestorozhdeniy gorizontalmymi skvazhinami» (Almetyevsk, 1996)* [Proc. Seminar-discussion «Development of oil fields with horizontal wells»]. Kazan: «Novoe Znanie» Publ. 1998. Pp.149-153. (In russian)
- Borovskiy M.Ya., Mukhametshin R.Z., Uspenskiy B.V. On the necessity of applying geophysical methods during viscous oil deposits development and natural bitumen. *Tezisy dokladov konf. po problemam kompleksnogo osvoeniya prirodnykh bitumov i vysokovязkikh nefey (izvlechenie i pererabotka)* [Proc. All-Union Conf. on integrated development of natural bitumen and high-viscosity oils (extraction and processing)]. Kazan: «KGU» Publ. 1991. Pp.78-79. (In russian)
- Borovskiy M.Ya., Nosko V.P., Mel'nikov D.V. et al. Innovative geophysical technology in prospecting and exploration of oil deposits. *Materialy Mezhd. nauchno-prakt. konf. «Innovatsii i tekhnologii v razvedke, dobyche i pererabotke nefi i gaza»* [Proc. Int. sci. and pract. conf. «Innovation and technology in the exploration, extraction and processing of oil and gas»]. Kazan: «Fen» Publ. 2010. Pp.54-57. (In russian)
- Borovskiy M.Ya., Surkov A.D., Bol'shovi V.A. et al. Gravity exploration for solving problems in the modern petroleum geology. *Materialy 38- sessii Mezhd. seminar «Voprosy teorii i praktiki geologicheskoy interpretatsii gravitatsionnykh, magnitnykh i elektricheskikh poley»* [Proc. 38 session of the Int. Sci. Seminar «Problems of the theory and practice of geological interpretation of gravity, magnetic and electric fields»]. Perm: «GI UrO RAN» Publ. 2011. Pp.60-67. (In russian)
- Bychkov S.G. Metody obrabotki i interpretatsii gravimetricheskikh nablyudeniy pri reshenii zadach neftegazovoy geologii [Methods of processing and interpretation of gravity observations in solving problems of Petroleum Geology]. Ekaterinburg: «UrO RAN» Publ. 2010. 187p.
- Geologorazvedochnye raboty v regionakh s vysokoy opoiskovannost'yu nedr [Exploration in areas of high subsurface Exploration property]. Ed. by R.S. Khisamov. Kazan: «FEN» Publ. 2010. 274p.
- Muslimov R.Kh. Progress of innovative technologies for the development of oil fields in modern conditions. *Neft'. Gaz. Novatsii* [Oil.Gas.Novations]. № 2. 2012. Pp.30-38. (In russian)
- Mukhametshin R.Z. *Geologicheskie osnovy effektivnogo osvoeniya i izvlecheniya trudnoizvlekaemykh zapasov nefi. Avtoref. Diss. dokt. geol.-min. nauk* [Geological basic principles for efficient development and extraction of difficult oil. Abstract Dr. geol. and min. sci. diss.]. Moscow: «IGIRGI» Publ. 2006. 52p.
- Mukhametshin R.Z. Do We Need Any Regulations for the Innovative Oil Field Development? *Neft'. Gaz. Novatsii* [Oil. Gas. Novation]. 2013. №2. Pp.70-86. (In russian)
- Mukhametshin R.Z., Bogatov V.I., Borovskiy M.Ya. Mobile geophysical methods in the final stage of exploration work. *Dokl. II Mezhd. konf. «Perspektivy razvitiya i osvoeniya toplivno-energeticheskoy bazy Severo-Zapadnogo ekonomicheskogo rayona Rossiyskoy Federatsii»* [Proc. II Int. Conf. «Prospects of the development and exploitation of the fuel and energy sector of Northwest Economic Region of Russian Federation»]. Sain Petersburg: «NIGRI» Publ. 2000. Pp.126-130. (In russian)
- Mukhametshin R.Z., Bogatov V.I., Borovskiy M.Ya. The first experience of the experimental gravimetric measurements in preparation for oil fields exploitation (for example, Chegodayaskoe oilfield, Tatarstan Republic). *Problemy i perspektivy primeneniya sovremennykh geofizicheskikh tekhnologiy dlya povysheniya effektivnosti resheniya zadach geologorazvedki i razrabotki mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh: Mater. Mezhd. nauchno-prakt. Konf.* [Problems and prospects of application of modern geophysical technologies to improve the efficiency of solving the exploration and development of mineral deposits: Proc. Int. Sci. and Pract. Conf.]. Ufa: «TAU» Publ. 2002. Pp.564-573. (In russian)
- Mukhametshin R.Z., Bogatov V.I., Volkov Yu.V., Luchnikov V.M. Using of large-scale gravity survey to optimize the oil deposits development systems in carbonate reservoirs. *Trudy nauchno-prakt. konf. «Noveyshie metody uvelicheniya nefteodachi plastov – teoriya i praktika ikh primeneniya»*[Proc. Sci. and Pract. Conf. «New methods of enhanced oil recovery – theory and practice of their application»]. Vol. 1. Kazan: «Art-dizayn» Publ. 2002. Pp.411-417. (In russian)
- Mukhametshin R.Z., Borovskiy M.Ya., Uspenskiy B.V. On the feasibility of high-precision gravity as related to additional exploration and development design of oil and natural bitumen. *Voprosy geologii i neftebitumonosnosti tsentral'nykh rayonov Volgo-Ural'skoy oblasti* [Questions of Geology and petroleum-bitumen fields of central regions of the Volga-Ural region]. Kazan: «KGU» Publ. 1992. Pp.43-57.

Окончание статьи М.Я. Боровского «Внедрение геофизической технологии оптимизации систем разработки месторождений...»

Osnovy polevoy i promyslovoy geofiziki dlya geologov [Fundamentals of field and development geophysics for geologists]. Ed. by R.S. Khisamov. Kazan: «FEN» Publ. 2013. 359p.

Slepak Z.M. Gravirazvedka v neftyanoy geologii [Gravity survey in petroleum geology]. Kazan: «KGU» Publ. 2005. 224p.

Khisamov R.S., Fayzullin I.N. Geologo-geofizicheskoe doizuchenie neftnyanykh mestorozhdeniy na pozdney stadii razrabotki [Geological and geophysical additional exploration of oil deposits in the late stage]. Kazan: «FEN» Publ. 2011. 228p.

Shvydkin E.K., Yakimov A.S., Vasserman V.A. Geofizicheskie i geokhimicheskie tekhnologii prognoza i otsenki neftenosnosti perspektivnykh ob'ektov [Geophysical and geochemical technologies

for forecasting and assessment of oil-bearing perspective objects]. Kazan: «Novoe znanie» Publ. 2008. 164p.

Yakimov A.S. Geologo-geofizicheskie metody dorazvedki neftnyanykh mestorozhdeniy [Geological and geophysical methods of oil fields additional exploration]. Kazan: «KGU» Publ. 2004. 128p.

Information about authors

Mikhail Ya. Borovskiy – Cand. Sci. (Geol.-Min.), Honoured geologist of the Tatarstan Republic.

ООО «Geofizservis», 420029, Kazan, Zhurnalistov str., 7-69.

Tel: +7 (927) 672-49-86