

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по науке

ционального

ьского

жого университета,

мат. наук, доцент

Швейкин А.И.

Швейкин 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация «Изучение особенностей структуры пустотного пространства коллекторов методом рентгеновской томографии керна» выполнена на кафедре «Геология нефти и газа».

В период подготовки диссертации соискатель Савицкий Ян Владимирович работал в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», на кафедре «Геология нефти и газа» в должности инженера.

В 2012 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» по специальности «Геология и геохимия горючих полезных ископаемых».

В 2016 году окончил аспирантуру очной формы обучения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по специальности 25.00.12 - Геология, поиски и

разведка нефтяных и газовых месторождений (период обучения «01» июля 2012 г. по «30» июня 2016 г.).

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук, профессор Галкин Сергей Владиславович, работает деканом Горно-нефтяного факультета.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем: проведении съемок кернов методом рентгеновской томографии, обработке результатов исследований образцов в программном комплексе Avizo, подготовке графического материала результатов съемок, анализе результатов томографии, построении объемных моделей кернов (томограмм), проведении измерения емкостных характеристик горных пород.
2. Научная новизна диссертационного исследования заключается в создании базы рентгеновских моделей керна для месторождений Пермского края, разработке методики оценки характеристик пустотного пространства керна карбонатных и терригенных пород с помощью метода рентгеновской томографии, использовании метода КТ при изучении воздействия на керн различных технологий повышения эффективности нефтеотдачи пластов.
3. Степень достоверности результатов проведенных исследований подтверждается экспериментально на исследовании базы из более 300 образцов керна, использованием высокотехнологичного оборудования для исследования керна и сходимости результатов с данными, полученными по стандартным методикам.
4. Практическая и теоретическая значимость диссертационного исследования. В работе обобщается опыт применения метода рентгеновской томографии в исследовании пород-коллекторов, который позволяет более полно и комплексно исследовать внутреннюю структуру

керна, выявлять взаимосвязь структуры порового пространства с количественными характеристиками, получаемыми с помощью стандартных методов исследования, уточнять литолого-петрографическую характеристику керна, сохранять информацию о строении образцов керна, подвергающихся взаимодействию или разрушению. Применение полученных данных и методик позволит улучшить качество и объем получаемой при реальных исследованиях керна информации.

5. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

По теме диссертационной работы Савицким Яном Владимировичем опубликовано 14 научных работ, в том числе 6 из них в ведущих рецензируемых изданиях, 8 из них – в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Web of Science и/или Scopus. Основные положения и результаты работы отражены в следующих научных публикациях в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, и/или в базы цитирования Web of Science, Scopus.

1. Применение метода рентгеновской томографии при петрофизических исследованиях кернового материала нефтяных и газовых месторождений / С. В. Галкин, А. А. Ефимов, С. Н. Кривощёков, **Я. В. Савицкий**, С. С. Черепанов // Геология и геофизика = Russian Geology and Geophysics. - 2015. - Т. 56, № 5. - С. 995-1007. (Web of Science, Scopus, перечень ВАК).

В статье соискателем изучена структура порового пространства карбонатных и терригенных пород на образцах стандартного и полноразмерного диаметра, визуализация результатов соляно-кислотной обработки образцов карбонатных коллекторов, исследование механических свойств каменных солей (вклад автора 30%).

2. Estimation of heterogeneity of Oil & Gas field carbonate reservoirs by means of computer simulation of Core X-Ray Tomography data / A. A. Efimov, S. V. Galkin, **Y. V. Savitsky**, V. I. Galkin // Ecology, Environment and Conservation. - 2015. - Vol. 21, Nov, Iss. Suppl- P. 79-85 (Scopus)

В статье соискателем изучены образцы кернa диаметром 30 – 100 см, определены оптимальные характеристики рентгеновского излучения для образцов кернa различного диаметра и литологии и ряд геологических задач, которые можно решить указанным методом, предложена процедура выявления емкостного пространства в различных типах коллекторов с оценкой их объемов (вклад автора 50%).

3. Исследование смачиваемости коллекторов нефтяных месторождений методом рентгеновской томографии кернa / А. А. Ефимов, **Я. В. Савицкий**, С. В. Галкин, Е. В. Соболева, В. Ш. Гурбанов // SOCAR Proceedings [Электронный ресурс]. - 2016. - № 4. - С. 55-63. - Режим доступа: <http://proceedings.socar.az/uploads/pdf/47/8.Yef-55-63.pdf>. – Загл. с экрана. - DOI 10.5510/OGP20160400298 (Web of Science, Scopus)

В статье соискателем проведено исследование степени смачиваемости образцов кернa визейских терригенных коллекторов нескольких месторождений Пермского края с помощью метода рентгеновской томографии, в результате которого выделены гидрофобные и гидрофильные образцы (вклад автора 30%).

4. Возможности исследования гидрофобизации коллекторов комплексированием методами рентгеновской томографии кернa и электрического каротажа / С. В. Галкин, И. Ю. Колычев, **Я. В. Савицкий** // Геология и геофизика = Russian Geology and Geophysics. - 2019. - Т. 60, № 10. - С. 1496-1507. (Web of Science, Scopus, перечень ВАК)

В статье соискателем изучена смачиваемость пород методом рентгеновской томографии кернa. Исследования заключались в сопоставлении томограмм образцов кернa в сухом состоянии и при насыщении раствором йодида натрия, выступающим рентгеноконтрастным аналогом пластовой воды (вклад автора 40%).

5. Перспективы применения пропантного гидроразрыва пласта на кашировейских эксплуатационных объектах Волго-Уральской нефтегазоносной провинции / С. В. Галкин, **Я. В. Савицкий**, И. Ю. Колычев, А. С. Вотинков //

SOCAR Proceedings. - 2021. - Iss. Спец. вып. № 2. - С. 257-265. (Web of Science, Scopus)

В статье соискателем с помощью комплексирования геофизических исследований скважин, стандартных и томографических исследований керна выделены следующие литотипы карбонатных пород: высокопористый кавернозный, слоистый неоднородный пористый, неоднородный трещиновато-пористый, плотный (вклад автора 40%).

6. Применение процедуры трещ-холдинга при изучении емкостного пространства горных пород методом рентгеновской томографии / **Я. В. Савицкий**, С. В. Галкин // Горный журнал. - 2021. - № 7 (2288). - С. 34-39. (Scopus, перечень ВАК).

В статье соискателем предложен метод количественной оценки разделения объема горной породы на твердый минеральный каркас и емкостное пространство, заполненное жидкостной или газообразной фазой. Подтверждена возможность применения метода рентгеновской томографии при изучении крупных пор на стандартных образцах и количественной оценке их фильтрационно-емкостных характеристик (вклад автора 70%).

7. Modeling of crack development associated with proppant hydraulic fracturing in a clay-carbonate oil deposit / S. Galkin, **I. Savitckii**, D. Shustov, A. Kukhtinskii, B. Osovetsky, A. Votinov // FDMP-Fluid Dynamics & Materials Processing. - 2023. - Vol. 19, № 2. - P. 273-284. (Web of Science, Scopus)

В статье соискателем проведен анализ и выделено несколько различных литотипов карбонатного керна, который использовался в экспериментах по механическому воздействию, проведен расчет параметров их пористости и трещиноватости (вклад автора 30%)

8. Изучение изменений структуры пустотности горных пород при создании напряженного состояния методами электронной микроскопии / Б. М. Осовецкий, К. П. Казымов, И. Ю. Колычев, **Я. В. Савицкий**, С. В. Галкин // Георесурсы. - 2023. - Т. 25, № 2. - С. 228-235 (Scopus, перечень ВАК).

В статье соискателем изучены методом рентгеновской томографии образцы керна до и после нагружения, выполнявшегося с целью моделирования гидроразрыва пласта (вклад автора составил 20%).

9. Experience of study of core from carbonate deposits by X-ray tomography / A. A. Efimov, **I. V. Savitckii**, S. V. Galkin, S. Shapiro // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело = Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Geology. Oil and gas engineering and mining. - 2016. - Т. 15, № 18. - С. 23-32 (Перечень ВАК).

В статье соискателем изучены образцы карбонатного керна диаметром 30 мм, а также кубические образцы со стороной 5 мм, проведена типизация керна, определена пористость, а также проведены эксперименты по изучению возможностей применения рентгеноконтрастных растворов (вклад автора составил 30%).

10. Изучение механизма перераспределения фильтрационных потоков при закачке синтезированных сшитых гелей методом рентгеновской томографии керна / С. В. Галкин, Ю. А. Рожкова, **Я. В. Савицкий**, Б. Сарсенбекулы, К. Ванли // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. - 2020. - Т. 331, № 11. - С. 127-136 (Web of Science, Scopus, перечень ВАК)

В статье автором методом рентгеновской томографии керна установлен механизм воздействия суспензии частиц полимерного геля на пласт до и после проведения фильтрационных испытаний на установке для исследования керна при пластовых условиях (вклад автора составил 20%).

11. Опыт использования рентгеновской томографии при исследованиях коллекторских и механических свойств горных пород / А. А. Ефимов, **Я. В. Савицкий**, С. В. Галкин // Практическая микротомография : материалы Всерос. конф., Москва, 2-4 окт. 2013 г. / Почв. ин-т В. В. Докучаева Россельхозакадемии. - Москва : [б. и.], 2013. - С. 120-124.

12. Метод рентгеновской томографии в исследовании пород-коллекторов / **Я. В. Савицкий** ; науч. рук. С. В. Галкин // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых : материалы VII Всерос. конф., [посвящ. 85-летию Перм. нефти и в рамках III Всерос. мол. форума Нефтегазовое и горное дело], г. Пермь, 28-31 окт. 2014 г. / М-во образования и науки Рос. Федерации, Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. - Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2014. - С. 67-70

13. Современные возможности метода рентгеновской томографии при исследовании керна нефтяных и газовых месторождений / **Я. В. Савицкий** // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело = Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Geology. Oil and gas engineering and mining. - 2015. - № 15. - С. 28-37

14. Виды и причины появления основных типов артефактов, проявляющихся при проведении рентгеновской томографии керна горных пород / **Я.В. Савицкий**, С.В. Галкин // Материалы XXII Всероссийской научно-технической конференции "Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации – 2021" (г. Пермь, 18–20 ноября 2021 г). - 2021. - Т.1. - С.130-133.

15. Патент №2682098 Российская Федерация, МПК G01N 13/02 (2006.01)G01N 13/02 (2018.08); G01N 23/046 (2018.08). Способ определения смачиваемости горных пород методом рентгеновской томографии керна : №2018112528, заявл 06.04.2018: опубл. 14.03.2019 / Галкин С.В., Ефимов А.А., Колычев И.Ю., **Савицкий Я.В.**, Черепанов С.С. . – 16 с. : ил. – Текст : непосредственный.

Соискателем разработана методика рентгеновской томографии для определения смачиваемости горных пород методом рентгеновской томографии с помощью последовательной съемки образца керна в сухом виде и насыщенном рентгеноконтрастным составом (вклад автора составил 20%)

16. Патент №2777714 Российская Федерация, МПК G01N23/46 G01N15/08. G01N 23/046 (2022.02); G01N 15/08 (2022.02). Способ получения трехмерной модели керна горных пород по данным компьютерной томографии для определения межзерновой эффективной пористости. № 2021135882 заявл. 12.07.2021 : опубл. 08.08.2022 / Галкин С.В., Савицкий Я.В. – 10 с. : ил. – Текст : непосредственный.

Соискателем предложен способ получения объемной трехмерной цифровой модели керна с помощью рентгеновской томографии с целью определения пористости образца путем выделения границы пора-порода по гистограмме распределения рентгеновской плотности (вклад автора 50%).

6. Соответствие содержания диссертации специальности, 1.6.11. - Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, по которой она рекомендуется к защите.

Диссертационная работа Савицкого Яна Владимировича посвящена методике исследования пород-коллекторов месторождений нефти и газа

п.1. Условия образования месторождений нефти и газа:

- резервуары нефти и газа, коллекторы и покрышки.

п.3. Геолого-промысловая характеристика месторождений нефти и газа:

- закономерности и неопределенности петрофизических свойств пород-коллекторов и их влияние на эффективность разработки.

7. Соответствие диссертационной работы требованиям, «Положения о присуждении ученых степеней».

Диссертация Савицкого Яна Владимировича отвечает требованиям п. 14 «Положения о присуждении ученых степеней» утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Диссертация «Изучение особенностей структуры пустотного пространства коллекторов методом рентгеновской томографии керна» Савицкого Яна Владимировича рекомендуется к защите на соискание ученой степени

кандидата технических наук по специальности 1.6.11. - Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Заключение принято на заседании кафедры «Геология нефти и газа».

Присутствовало на заседании 17 чел. Результаты голосования: «за» - 16 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 1 от 13.09.2023г.

Заведующий кафедрой
«Геология нефти и газа»,
доктор геолого-минералогических наук,
профессор

алкин В.И.

Секретарь кафедры
«Геология нефти и газа»

емешко К.С.