

PETROLEUM POTENTIAL OF THE LOWER CRETACEOUS RESERVOIRS OF NYUROL'KA MEGADEPRESSION

Petroleum potential of the lower cretaceous reservoirs of Nyurol'ka megadepression

Elizaveta N. Osipova, National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: osipovaen@list.ru

Galina A. Lobova, National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: lobovaga@tpu.ru

Valeriy I. Isaev, National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: isaevvi@tpu.ru

Vitaly I. Starostenko, Institute of Geophysics named after S.I. Subbotin NAS Ukraine, 32, Palladin avenue, Kiev, 03142, Ukraine. E-mail: vstar@igph.kiev.ua

Elizaveta N. Osipova, Cand. Sc., assistant, National Research Tomsk Polytechnic University

Galina A. Lobova, Cand Sc., associate professor, National Research Tomsk Polytechnic University

Valeriy I. Isaev, Dr. Sc., professor, National Research Tomsk Polytechnic University

Vitaly I. Starostenko, Dr. Sc., Academician of NASU, Institute of Geophysics named after S.I. Subbotin NAS Ukraine

The relevance of the research is caused by the need of reproduction and expansion of oilfields area resource base in Tomsk region. This direction in development of oil and gas complex, increase of raw material potential is resources-saving, minimizing the volume of investment for exploration, mastering and subsequent extraction.

The main aim of the research is to identify and propose the priority areas for exploration and development of oil and gas complex of the Lower Cretaceous in the territory Nyurol'ka megadepression and structures of its framing.

Objects of the research are: the slope (clinoform) parts of Neocomian cyclites – achimovka reservoir, and undaform (shallow-shelf) parts of Neocomian cyclites, shelf reservoir. Neocomian deposits are poorly studied and characterized by a complex type of traps and difficult identification of productive layers.

Methods: reservoirs geomapping; computer paleotectonic reconstructions and paleotemperature modeling of sedimentary cover, including oil source sediments; selection by geotemperature criterion and mapping the centers of Bazhenov oil intense generation; evaluation of generated oil density distribution; evaluation and analysis of oil resource relative density distribution in Neocomian achimovka and shelf reservoirs; zoning of reservoirs according to the prospectivity degree.

Results. The authors have given the volumetric-areal characterization for Neocomian Achimov and shelf reservoirs, plotted the maps of the total thickness of seven cyclites of Achimovka and five cyclites in shelf sediments; reconstructed the thermal history of bazhenov sediments in sections of thirty-nine deep wells; selected and mapped paleosources of Bazhenov oil generation on 18 key moments of geologic time; plotted the map of distribution of generated oil resource density and the maps of distribution of relative density of the accumulated resources; carried out zoning for Achimovka and shelf reservoirs; proposed the areas of priority for searching for Achimov reservoir – the area of south-eastern slope of Kaymysov arch, junction zone of Chuzik-Chizhap and Shingin mezosaddles, thirty kilometer are of sub-East-West extension in the central part of Nyurol'ka megadepression, and for shelf reservoirs – area of East-West extension, which covers the eastern half of Kulan-Igay depression and the western part of the Festival shaft (3500 km²) and the junction zone of the northern side of Nyurol'ka megadepression with the eastern slope of Kaymysov dome and south-western slope of Srednevasyugan megaswell (500 km²).

Key words:

Shelf deposits and Achimovka reservoirs of the Neocomian deposits, thermal history of the Bazhenov sediments, density of the resources of generated oils, Nyurol'ka megadepression.

The authors appreciate B.V. Belozarov for detailed paper study and commentaries contributing to better comprehension and reasoning of conclusions.

НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ НИЖНЕМЕЛОВЫХ РЕЗЕРВУАРОВ НЮРОЛЬСКОЙ МЕГАВПАДИНЫ

Осипова Елизавета Николаевна, кандидат геолого-минералогических наук, ассистент отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30. E-mail: osipovaen@list.ru

Лобова Галина Анатольевна, доктор геолого-минералогических наук, доцент отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета, Россия, 635050, г. Томск, пр. Ленина, 30. E-mail: lobovaga@tpu.ru

Исаев Валерий Иванович, доктор геолого-минералогических наук, профессор отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30. E-mail: isaevvi@tpu.ru

Старостенко Виталий Иванович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, директор Института геофизики НАН Украины им. С.И. Субботина, Украина, 03142, г. Киев, пр. Палладина, д. 32. E-mail: vstar@igph.kiev.ua

Актуальность исследования обусловлена необходимостью воспроизводства и расширения ресурсной базы территории нефтепромыслов Томской области. Это направление развития нефтегазового комплекса, наращивания сырьевого потенциала является ресурсосберегающим, минимизирующим объемы капитальных затрат на разведку, освоение и последующую добычу.

Цель: определить и предложить первоочередные районы для поисков и освоения нижнемелового нефтегазоносного комплекса на территории Нюрольской мегавпадины и структур ее обрамления.

Объекты: склоновые (клиноформные) части циклитов неокома – ачимовский резервуар, и ундаформные (мелководно-шельфовые) части циклитов неокома – шельфовый резервуар. Отложения неокома слабоизучены и характеризуются сложным типом ловушек и трудной идентификацией продуктивных пластов.

Методы: геокартирование резервуаров; компьютерные палеотектонические реконструкции и палеотемпературное моделирование разреза осадочного чехла, включая нефтематеринские отложения; выделение по геотемпературному критерию и картирование очагов интенсивной генерации баженовских нефтей; оценка распределения плотности генерированных нефтей; оценка и анализ распределения относительной плотности ресурсов нефтей в ачимовском и шельфовом резервуарах неокома; районирование резервуаров по степени перспективности.

Результаты. Дана объемно-площадная характеристика ачимовского и шельфового резервуаров неокома – построены карты суммарных толщин семи циклитов ачимовских и пяти циклитов шельфовых отложений; реконструирована термическая история баженовских отложений в разрезах 39-ти глубоких скважин; на 18-ти ключевых моментах геологического времени выделены и закартированы палеоочаги генерации баженовских нефтей; построена карта распределения плотности ресурсов генерированных нефтей; построены карты распределения относительной плотности аккумулярованных ресурсов и выполнено районирование ачимовского и шельфового резервуаров; предложены первоочередные районы поисков для ачимовского резервуара – зона юго-восточного склона Каймысовского свода, зона сочленения Чузикско-Чижапской и Шингинской мезоседловин, 30-километровая зона субмеридиального простиранья в центральной части Нюрольской мегавпадины; предложены первоочередные районы поисков для шельфового резервуара – зона меридионального простиранья, охватывающая восточную половину Кулан-Игайской впадины и западную часть Фестивального вала (3500 км²), и зона сочленения северного борта Нюрольской мегавпадины с восточным склоном Каймысовского свода и с юго-западным склоном Средневасюганского мегавала (500 км²).

Ключевые слова:

Ачимовский и шельфовый резервуары неокома, термическая история баженовских отложений, плотность ресурсов генерированных нефтей, Нюрольская мегавпадина.

Введение

Представление о клиноформном строении верхнеюрских и нижнемеловых отложений Западно-Сибирской плиты формировалось более 50 лет, начиная с работ Ф.Г. Гурари (1962). Тектоно-седиментационной истории и нефтегазоносности нижнемеловых отложений Западной Сибири посвящен ряд новейших работ ученых и специалистов [1, 2 и др.]. В нижней части мелового разреза – неокоме, в ачимовских отложениях, открыты крупные промышленные залежи углеводородов (УВ) практически на всей территории Западной Сибири, за исключением юго-востока [3].

Территория исследований – юго-восток Западной Сибири, земли действующих нефтепромыслов Томской области (рис. 1, А). Нарращивание и освоение на этих землях сырьевого потенциала – одно из ключевых направлений развития томского нефтегазового комплекса. Это направление, очевидно, является наиболее ресурсосберегающим, минимизирующим объемы капитальных затрат. Разрабатываемые здесь залежи в основном принадлежат верхнеюрскому нефтегазоносному комплексу (НГК). Нефтяные месторождения, включая наиболее крупные, приурочены к антиклинальным структурам. Однако к настоящему времени фонд антиклинальных структур практически исчерпан. Высокая плотность сейсморазведочных работ не позволяет рассчитывать на открытие новых залежей в антиклинальных структурах, а следовательно, и на существенное расширение разведочной и промысловой базы в этом НГК. Поэтому, наряду с выявлением неантиклинальных поисковых объектов в верхнеюрской васюганской свите, приоритетными направлениями геологоразведочных работ становятся поиски и разведка залежей УВ в сложнопостроенных ловушках, приуроченных к нижнеюрскому и меловому (неокомскому) НГК.

Объектом настоящих прогнозных исследований являются склоновые (клиноформные) части циклитов неокома – ачимовский резервуар и ундаформные (мелководно-шельфовые) части циклитов неокома – шельфовый резервуар.

В Томской области поиски и разведка в меловом НГК ранее были малопривлекательными из-за сложного типа ловушек, а низкоомность продуктивных пластов неокома существенно затрудняла их идентификацию в разрезе. На сегодняшний день возможности высокоразрешающей поисковой сейсморазведки и новые методики интерпретации данных ГИС снимают указанные трудности [4 и др.]. Определить и предложить первоочередные районы для изучения и освоения нижнемелового НГК – цель проведенных исследований.

Исследования выполнены на базе палеотектонических реконструкций и палеотемпературного моделирования, выделения по геотемпературному критерию и картирования очагов интенсивной генерации баженовских нефтей, анализа распределения плотности ресурсов нефтей в ачимовском и шельфовом резервуарах и, как следствие, последующего районирования этих резервуаров по степени перспективности.

Источником формирования залежей УВ в ловушках верхнеюрского и мелового НГК является рассеянное органическое вещество (РОВ) отложений баженовской свиты. Проблематичность возможности, дальности и вероятных механизмов миграции нефти из баженовских отложений в вышележащие коллекторы находит разрешение в результатах послойного изучения «прямыми» методами органической геохимии продуктивных, над- и подпродуктивных отложений. Так, согласно полученным результатам по Рогожниковской группе месторождений Красноленинского свода [5, 6], расстояние вертикального межпластового перемещения УВ из юрской зоны (туллейской свиты) в меловые отложения оценивается в 800...1000 м (до

хантыммансийской свиты). Мигрирующие по вертикали УВ только «притормаживаются» флюидоупорами, накапливаясь в коллекторах.

При катагенезе РОВ решающим фактором интенсивности генерации УВ являются геотемпературы [7, 8]. Балансовая модель процессов нефтегазообразования в баженовской свите [9] позволяет по геотемпературному критерию прогнозировать очаги интенсивного образования УВ из РОВ: с 85–95 °С – вхождение материнских пород в главную зону нефтеобразования (ГЗН). Балансовая модель А.Э. Конторовича и пороговые геотемпературы ГЗН [9] подтверждаются результатами экспериментальных и теоретических исследований [10, 11 и др.].

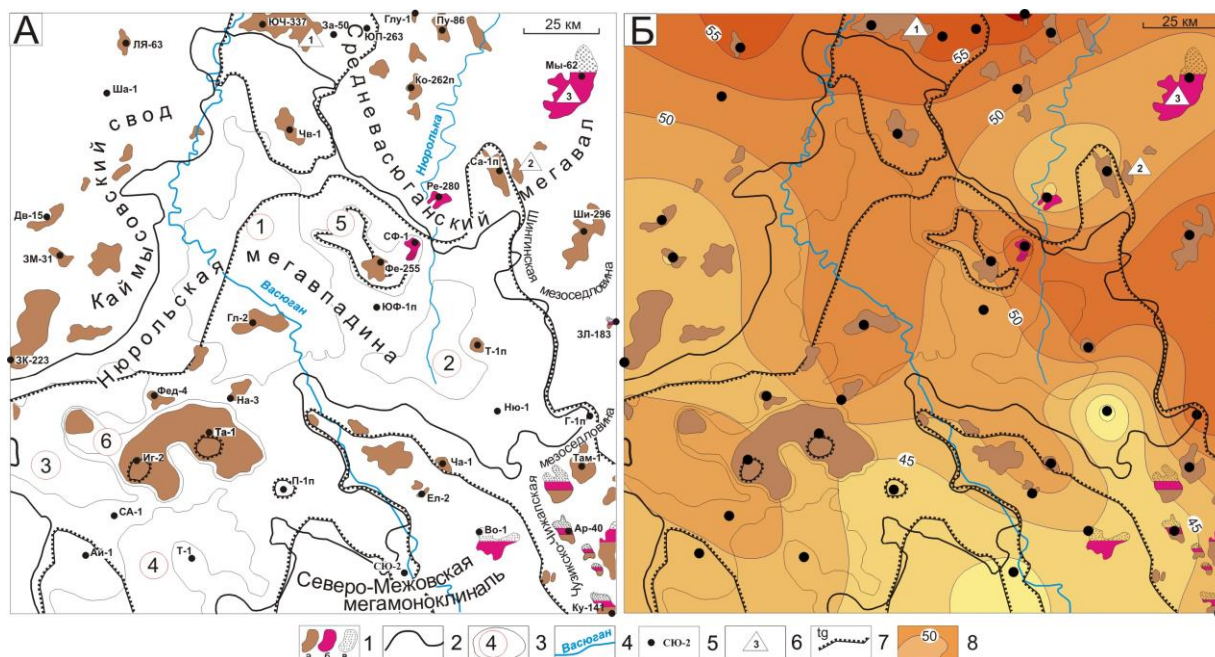


Рис. 1. Схематические карты нефтегазоносности (А) на тектонической основе [14] и распределения значений плотности теплового потока из доюрского основания (Б) Нюрольской мегавпадины: 1) месторождения: а – нефтяное, б – конденсатное, в – газовое; 2) граница Нюрольской мегавпадины; 3) структура III порядка и ее условный номер; 4) речная сеть; 5) исследуемая скважина (палеотемпературное моделирование) и ее условный индекс; 6) условный номер месторождения мелового НГК: 1 – Южно-Черемшанское; 2 – Южно-Мыльдзинское; 3 – Мыльдзинское; 7) граница зоны распространения тогурской свиты; 8) изолинии значений расчетной плотности теплового потока из основания осадочного чехла, мВт/м². Структуры: 1 – Кулан-Игайская впадина, 2 – Тамрадская впадина, 3 – Осево́й прогиб, 4 – Тамянский прогиб; 5 – Фестивальный вал, 6 – Игольско-Таловое куполовидное поднятие

Fig. 1. Contour maps of oil-and-gas tectonic-based potential [14] (А) and heat flow density values distribution from pre-Jurassic base (Б) to Nyuro'l'ka megadepression: 1) deposits: а – oil, б – condensate, в – gas; 2) Nyuro'l'ka megadepression boundary; 3) structure of III order and its reference number; 4) river net; 5) the well under study (paleotemperature modelling) and its conventional index; 6) reference number of a deposit of a cretaceous oil and gas complex: 1 – Yuzhno-Cheremshanskoe; 2 – Yuzhno-Myldzhinskoe; 3 – Myldzhinskoe; 7) the boundary of a zone where togursk strata is spread; 8) isolines of reference density values of a heat flow from a sedimentary section base, mW/m². Structures: 1 – Kulan-Igaysk depression, 2 – Tamradskaya depression, 3 – Osevoy downfold, 4 – Tamyansk downfold; 5 – Festivalny swell, 6 – Igolsko-Talovoe arch

Для нижнемелового и верхнеюрского НГК основным источником углеводородов является РОВ сапропелевого типа *баженовской свиты* (J_{3v}), региональный генерационный потенциал которой обусловлен высоким содержанием Сорг (до 12 %), катагенезом середины градации $МК_1^1$ и распространением по всей площади исследований мощностью от 8 до 30 м [8].

...

Таблица 1. Характеристика месторождений Нюрольской мегавпадины и структур обрамления с залежами в меловом нефтегазоносном комплексе

Table 1. Characteristic of Nyurol'ka megadepression fields and framing structures with deposits in Cretaceous oil and gas complex

Месторождение Deposit	НГК Oil and gas complex	Фазовое состояние Phase state	Горизонт, пласт Horizon, formation
Южно-Черемшанское Yuzhno-Cheremshanskoe	Меловой Cretaceous	Нефть/Oil	$A_{2-7}, A_{9-10}, B_{4-10}, B_{12-13}$
		Газ/Gas	$A_{2-7}, B_{0, 4-13}$
Южно-Мыльджинское Yuzhno-Myldzhinskoe		Нефть/Oil	B_{9-13}
		Газ/Gas	$B_{9,10}, B_{11-12}, B_{13}$
Мыльджинское Myldzhinskoe		Газоконденсат Gas condensate	$A_{2-7}, B_{0,4-10}, 12, 13, B_{16-20}$
		Верхнеюрский Upper-Jurassic	Газоконденсат, нефть Gas condensate, oil

...

О методике палеотемпературного моделирования

Восстановление термической истории отложений баженовской свиты выполнено на основе палеотектонических реконструкций и палеотемпературного моделирования [17]. В модели процесс распространения тепла в слоистой осадочной толще описывается начально-краевой задачей для уравнения

$$\frac{\lambda}{a} \cdot \frac{\partial U}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial Z} \left(\lambda \frac{\partial U}{\partial Z} \right) = f, \quad (1)$$

где λ – теплопроводность; a – температуропроводность; f – плотность тепловыделения внутренних источников тепла; U – температура; Z – расстояние от основания осадочного разреза; t – время. С краевыми условиями

$$U|_{Z=\varepsilon} = U(t), \quad (2)$$

$$-\lambda \frac{\partial U}{\partial Z} \Big|_{Z=0} = q(t), \quad (3)$$

где $\varepsilon = \varepsilon(t)$ – верхняя граница осадочной толщи; $q(t)$ – тепловой поток из основания осадочного разреза. Как видно из формулировки задачи, палеотектонические реконструкции непосредственно сопряжены с расчетом палеотемператур.

...

Заключение

Комплексный подход к изучению территории исследований – анализ геологического строения, седиментационной истории нефтегазоносных комплексов и термической истории материнских отложений, выделение резервуаров однотипных по генезису отложений, картирование очагов интенсивной генерации и эмиграции нефтей – позволил оценить перспективы ачимовского (клиноформного) и шельфового (ундаформного) резервуаров неоконца Нюрольской мегавпадины.

Районирование резервуаров по относительной плотности ресурсов определяет первоочередные зоны для проведения поисковых работ в нижнемеловых отложениях Нюрольской мегавпадины. Это главным образом зоны западной части Фестивального вала и юго-восточной части Кулан-Игайской впадины.

Авторы благодарят В.Б. Белозерова за внимательную проработку статьи и замечания, способствующие улучшению понимания и аргументации выводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богородская Л.И., Конторович А.Э., Ларичев А.И. Кероген: методы изучения, геохимическая интерпретация. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2005. – 254 с. **книга***
2. Depositional environments, organic richness, and petroleum generating potential of the Campanian to Maastrichtian Enugu formation, Anambra basin, Nigeria / S.O. Akande, O.J. Ojo, B.D. Erdtmann, M. Hetenyi // The Pacific Journal of Science and Technology. – 2009. – V. 10. – P. 614–628. **журнал на английском языке***
3. Развитие нефтегазового комплекса Югры, трудноизвлекаемы запасы / С.Г. Кузьменков, В.И. Исаев, В.И. Булатов, Р.Ш. Аюпов, Н.О. Игенбаева, Ю.А. Кузьмин, П.А. Стулов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329. – № 11. – С. 103–113. **журнал на русском языке, публикующий статьи с аннотацией на английском языке***
4. Демонова А.Ю., Брагин И.В., Разыков Б.Х. Условия формирования термоминеральных вод южных отрогов Гиссарского хребта // XXI Собрание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2018. – С. 166–172. **материалы конференции***
5. Состав для производства органоминерального удобрения: пат. Рос. Федерация, № 2566048, заявл. 26.09.2014; опублик. 20.10.2015. Бюл. № 33. – 5 с. **патент***
6. Water cut monitoring means and method: Patent 5033289A USA. Fil. 01.18.1990; Publ. 07.23.1991. **иностранный патент***
7. Безродных Ю.П. Распределение и условия накопления серебра, золота и других элементов-примесей в медистых песчаниках и сланцах: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Иркутск, 1969. – 23 с. **диссертация/автореферат***
8. Юргенсон Г.А., Безродных Ю.П. О зоне окисления Удоканского месторождения меди и ее роли в формировании температурного поля многолетнемерзлых пород // Геокриол. условия Забайкальского Севера. – М.: Наука, 1966. – С. 53–55. **сборник трудов***
9. SolidWorks Flow Simulation 2012 Tutorial // Docslide. 2014. URL: <https://docslide.us/documents/solidworks-flow-simulation-2012-tutorial.html> (дата обращения 11.06.2019). **электронный источник***
10. ГОСТ 32388–2013. Трубопроводы технологические. Нормы и методы расчета на прочность, вибрацию и сейсмические воздействия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 114 с. **ГОСТ***
11. Бочаров В.Л., Савченко О.В. Гидрогеологические условия и оценка эксплуатационных запасов подземных вод бассейна реки Становая Ряса (Липецкая

область) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2015. – № 2. – С. 104–108. журнал на русском языке, публикующий статьи без аннотации на английском языке*

Поступила 17.07.2019 г.

* ВЫДЕЛЕННОЕ ЖЕЛТЫМ МАРКЕРОМ В СПИСКЕ ЛИТЕРАТУРЫ НЕ УКАЗЫВАТЬ

REFERENCES

1. Bogorodskaya L.I., Kontorovich A.E., Larichev A.I. *Kerogen: metody izucheniya, geokhimicheskaya interpretatsiya* [Kerogen: methods of study, geochemical interpretation]. Novosibirsk, SO RAN Publ., 2005. 254 p. книга
2. Akande S.O., Ojo O.J., Erdtmann B.D., Hetenyi M. Depositional environments, organic richness, and petroleum generating potential of the Campanian to Maastrichtian Enugu formation, Anambra basin, Nigeria. *The Pacific Journal of Science and Technology*, 2009, vol. 10, pp. 614–628. журнал на английском языке
3. Kuzmenkov S.G., Isaev V.I., Bulatov V.I., Ayupov R.Sh., Eginbaeva N.O., Kuzmin Yu.A., Stulov P.A. Development of Yugra oil and gas complex, hard-to-extract reserves. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2018, vol. 329, no. 11, pp. 103–113. In Rus. журнал на русском языке, публикующий статьи с аннотацией на английском языке
4. Demonova A.Yu., Bragin I.V., Razykov B.Kh. Usloviya formirovaniya termomineralnykh vod uygnikh otrogov Gissarskogo khrebta [Conditions for formation of thermomineral waters of the southern spurs of the Gissar Range]. *XXI Soveshchanie po podzemnym vodam Sibiri i Dalnego Vostoka* [XXI Conference on the Groundwaters of Siberia and the Far East]. Novosibirsk, Novosibirsk State University Publ., 2018. pp. 166–172. материалы конференции
5. Pegushin S.N., Voxmyanin V.G. *Sostav dlya proizvodstva organomineralnogo udobreniya* [Composition for production organic-mineral fertilizer]. Patent RF, no. 2566048, 2015. патент
6. Percy T. *Water cut monitoring means and method*. Cox. Patent 5033289A USA, 1991. иностранный патент
7. Bezrodnykh Yu.P. *Raspredelenie i usloviya nakopleniya serebra, zolota i drugikh elementov-primesei v medistykhn peschanikakh i slancakh*. Avtoreferat Kand. nauk [Distribution and conditions of accumulation of silver, gold and other impurities in copper sandstones and shale. Cand. Diss. Abstract]. Irkutsk, 1969. 23 p. диссертация/автореферат
8. Yurgenson G.A., Bezrodnykh Yu.P. O zone okisleniya Udokanskogo mestorozhdeniya medi i ee roli v formirovanii temperaturnogo polya mnogomerzlotnykh porod [On oxidation zone of the Udokan copper deposit and its role in formation of temperature field of permafrost]. *Geokriologicheskie usloviya Zabaikalskogo Severa* [Geocryological conditions of the TransBaikal North]. Moscow, Nauka Publ., 1966. pp. 53–55. сборник трудов
9. *SolidWorks Flow Simulation*. 2012. Tutorial. Available at: <https://docslide.us/documents/solidworks-flow-simulation-2012-tutorial.html> (accessed 11 June 2019). электронный источник
10. GOST 32388–2013. *Truboprovody tekhnologicheskie. Normy i metody rascheta na prochnost, vibratsiyu i seysmicheskie vozdeystviya* [State Standart 32388–2013. Technological Pipelines. Norms and methods for calculating strength, vibration and seismic effects]. Moscow, StandardInform Publ., 2014. 114 p. ГОСТ

11. Bocharov V.L., Savchenko O.V. Gidrogeologicheskie usloviya i otsenka ekspluatatsionnykh zapasov podzemnykh vod basseyna reki Stanovaya Ryasa (Lipetskaya oblast) [Hydrogeological conditions and assessment of operational reserves of underground waters of a river basin of Stanovaya Cassock (Lipetsk region)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya*, 2015, no. 2, pp. 104–108. журнал на русском языке, публикующий статьи без аннотации на английском языке

Received: 17 July 2014.