

УДК 551.435.04

**НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ
ЗА НЕОГЕН-ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ
ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ГЕОСИНЕКЛИЗЫ И ИХ РОЛЬ
ПРИ ОЦЕНКЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ УЧАСТКОВ НА ПРИМЕРЕ
КАЙМЫСОВСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ОБЛАСТИ**

**UNEVEN TECTONIC MOVEMENTS
DURING THE NEOGENE-QUATERNARY STAGE
OF WEST SIBERIAN GEOSYNECLISE DEVELOPMENT AND THEIR
ROLE IN EVALUATING PROMISING SITES ON THE EXAMPLE
OF KAIMYSOV OIL AND GAS-BEARING REGION**

П.С. Лапин

**Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука
Сибирского отделения Российской Академии наук,
г. Новосибирск, Российская Федерация**

Pavel S. Lapin

**A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics,
Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: lapinPS@ipgg.sbras.ru**

Аннотация. Кратко описаны методы генетической морфологии и морфометрии и их применение при решении одной из актуальных задач эволюционного развития мезо-кайнозойского чехла Западно-Сибирской геосинеклизы – исследовании неравномерности тектонических движений за последние 25 млн лет.

Построение и анализ серии карт позволили оценить современное состояние и развитие мезо-кайнозойского чехла в пределах Каймысовской нефтегазоносной области. Оценка осуществлена на региональном и зональном уровнях. Исследования развития мезо-кайнозойского чехла за неоген-четвертичный период на региональном уровне подтверждают, что его характер унаследован от тектонических движений, которые привели к региональному поднятию юго-восточного обрамления плиты. Это дало возможность считать неотектонические движения составной частью единого процесса тектогенеза. На зональном уровне установлена взаимозависимость базисной поверхности современного рельефа с амплитудами неотектонических движений. Установленная закономерность является очень важным признаком при выявлении унаследованного развития отдельных районов исследуемой территории, что позволяет считать их реликтами. Как известно, реликты являются зонами транзита внешних, по отношению к объекту исследования, тектонических процессов, которые исключают возможность концентрации углеводородов. Учет этих зон дает возможность с минимальными затратами на основе анализа современных рельефообразующих процессов выделить перспективные на нефть и газ участки, которые согласуются с участками, ранее выделенными в верхнеюрском нефтегазоносном комплексе, на основе расчетного индекса успешности поисково-разведочного бурения.

Разработка методов оценки неравномерности в проявлении тектонических движений за неоген-четвертичный этап в значительной степени расширяет круг задач, которые могут решаться на основе представлений об эволюционном развитии мезо-кайнозойского чехла.

Abstract. There briefly described the methods of genetic morphology and morphometry and their application in solving one of the urgent tasks of the evolutionary development of the Meso-Cenozoic cover case – study nonuniformity of tectonic movements over the last 25 million years.

The construction and analysis of a series of maps made it possible to estimate the current state and the development of the Meso-Cenozoic cover within Kaimysov oil and gas region. The assessment is carried out at regional and zonal levels. Research of the development of the Meso-Cenozoic cover during the Neogene-Quaternary period at the regional level confirm character inherit from tectonic movements, which led to regional uplift of the South-Eastern framing of the plate. This gives the opportunity to consider the neotectonic movement of the constituent part of a single process of tectogenesis. At the zonal level, the interdependence of the basic modern surface elevation from amplitudes of neotectonic movements are determined. Specified regularity is a very important criterion in identifying inherited the development of certain regions of the study area, which allows to consider them as relics. Relics are known as zones of transit external to the object of study of the tectonic processes that eliminate the possibility of concentration of hydrocarbons. Consideration of these areas provides the opportunity with minimum cost on the basis of the analysis of modern relief-forming processes to identify prospective oil and gas areas that are consistent with previously allocated in upper Jurassic oil and gas complex on the basis of the calculated success index exploratory drilling.

Development of methods for evaluation of non-uniformity in the manifestation of tectonic movements during the Neogene-Quaternary stage greatly extends the range of problems that can be solved on the basis of ideas about the evolutionary development of the Meso-Cenozoic cover.

Ключевые слова: неотектонические и современные процессы; верхнеюрский нефтегазоносный комплекс; устойчивое развитие

Key words: neotectonic and modern processes; Upper Jurassic oil and gas complex; sustainable development

Введение

В Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (НГП) заполнение ловушек углеводородами, по мнению многих исследователей, произошло на заключительном этапе геологической истории развития Западно-Сибирской геосинеклизы [1-3]. На региональном уровне этот этап развития неоднократно оценивался на основе анализа неотектонических движений [4]. Для решения прогнозных задач на зональном уровне потребовалось осуществить изучение неравномерности тектонических движений за неоген-четвертичный этап развития мезо-кайнозойского чехла. Существуют различные походы к его анализу [5, 6]. Однако применение этих методов, развивающихся в рамках морфоструктурного или историко-генетического подходов [2, 7], ограничивается наличием фактического материала, который не в полном объеме отражает современный разрез мезо-кайнозойского чехла.

В настоящей статье на примере Каймысовской нефтегазоносной области (НГО) установлены морфогенетические закономерности в развитии рельефа земной поверхности за неоген-четвертичный этап его развития. Они позволили уточнить историю развития мезо-кайнозойского чехла и установить степень соответствия с индексом успешности поисково-разведочного бурения в верхнеюрском нефтегазоносном комплексе (НГК) как одного из критериев выделения перспективных участков.

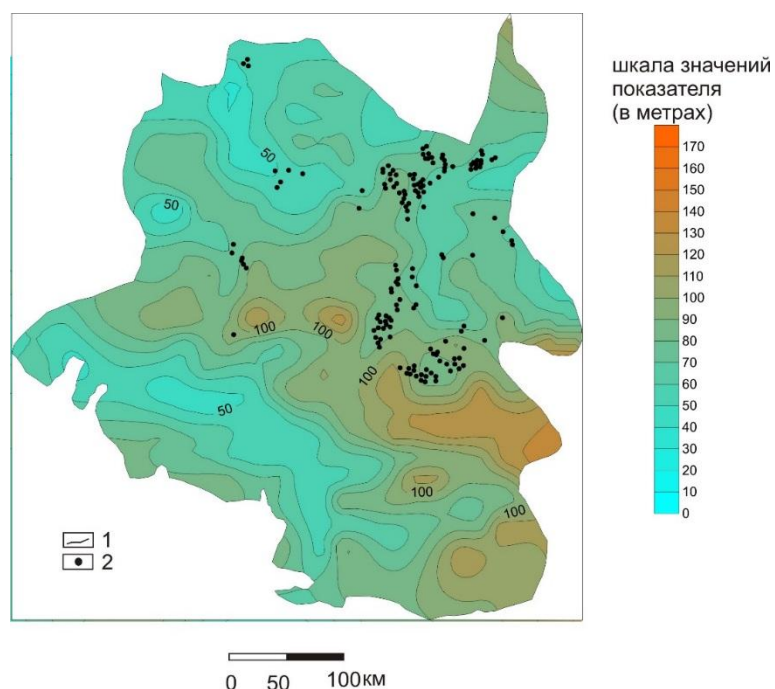
Для достижения поставленной цели с использованием ранее разработанных и апробированных на ряде геологических объектов [8, 9] методов анализа решены следующие задачи: осуществлен анализ интенсивности рельефообразующих процессов за неоген-четвертичный этап развития; сопоставлены результаты современной активизации мезо-кайнозойского чехла и индекса успешности поисково-разведочного бурения; за неотектонический этап установлена неравномерность в

развитии мезо-кайнозойского чехла и выделены перспективные на нефть и газ участки.

Методика и результаты исследования

Для решения поставленных задач использовались результаты ранее проведенных исследований, и только методика построения базисной поверхности изучаемой территории требует дополнительного пояснения. «Базисная поверхность есть сложная кривая, огибающая поверхность, проведенная через тальвеги долин, которые являются ее остовом» [10].

Для вычисления базисной поверхности вводится понятие «морфологический тип» (морфотип). С морфотипом связано понятие о представительном участке рельефа, который характеризуется присутствием элементов – водораздел, склон и днище долины. В данном случае морфотип – это комплексная характеристика локального представительного участка исследуемой территории, описывающая нижний предел, к которому в своем развитии стремится современный рельеф. Площадь выделенного морфотипа равна ранее установленной для вычисления общего показателя эрозионно-денудационного расчленения [8]. Исследуемая территория разбивалась сеткой квадратов со стороной, равной стороне выбранного морфотипа. По полученным абсолютным отметкам местных базисов эрозии, выбираемых в пределах тальвега, строится базисная поверхность и устанавливаются соответствия между анализируемыми поверхностями. Все расчеты, вычисления значений показателей и картографические построения выполнены в пакете Surfer. В настоящей работе осуществлено сопоставление разнородной информации на основе нормирования полученных значений показателей с последующим их ранжированием. Схема базисной поверхности для территории Каймысовской НГО приведена на рисунке 1.



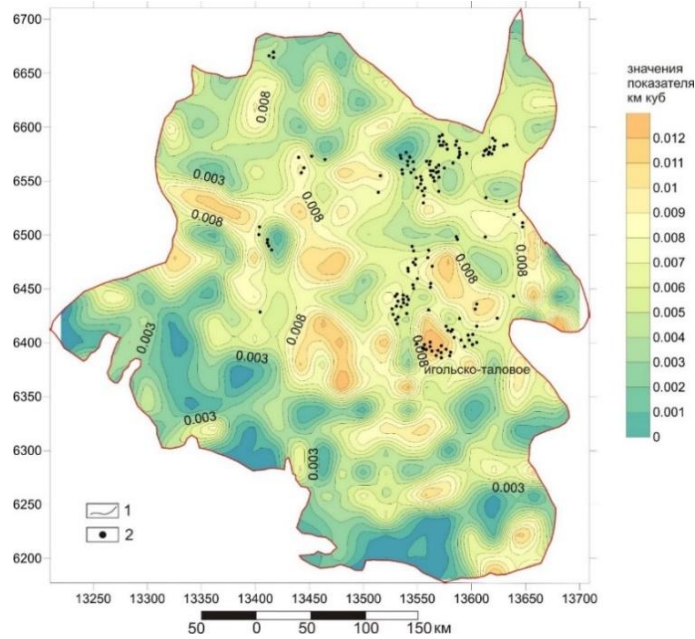
1 – изолинии значений местных базисов эрозионно-денудационных процессов;
 2 – продуктивные скважины верхнеюрского нефтегазового комплекса

Рисунок 1. Схема базисной поверхности в современном рельефе Каймысовской НГО

Базисная поверхность в рельефе земной поверхности характеризует пассивную составляющую современного морфогенеза [11]. К ней в своем развитии стремится рельеф земной поверхности.

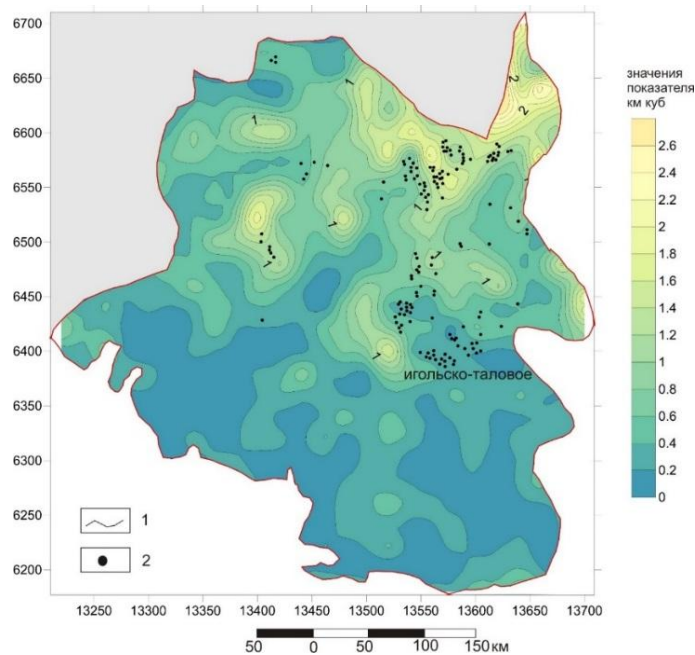
Обсуждение результатов

Прежде чем использовать базисную поверхность как составную часть методики, которая направлена на решение задачи эволюционного развития мезо-кайнозойского чехла и выделение перспективных на нефть и газ районов, необходимо оценить степень влияния неотектонических движений на характер её изменения, поскольку ранее полученные результаты анализа привели к неоднозначному решению (рисунки 2, 3) [8].



1 – значения показателя эрозионно-денудационного расчленения рельефа земной поверхности; 2 – продуктивные скважины верхнеюрского нефтегазоносного комплекса

Рисунок 2. Общий показатель эрозионно-денудационного расчленения в рельефе земной поверхности



1 – значения общего показателя расчленения рельефа фундамента;
 2 – продуктивные скважины, вскрывшие верхнеюрские отложения

Рисунок 3. Общий показатель расчленения рельефа фундамента

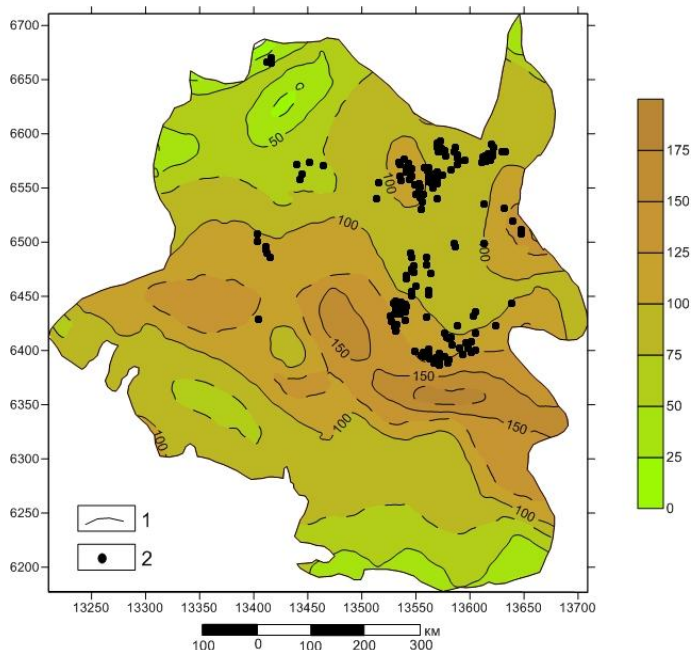
В настоящей работе неравномерность тектонических движений за неоген-четвертичный этап развития оценивается на основе совместного анализа неотектонических движений и интенсивностью современных

рельефообразующих процессов. Они накладываются друг на друга и создают мозаичную картину (рисунок 2). Для исключения этих наложений рассмотрено влияние неотектонических движений на развитие мезо-кайнозойского чехла как на региональном, так и зональном уровнях.

Для проведения региональных исследований осуществлено сопоставление до неоген-четвертичного этапа развития изучаемой территории установленного на основе анализа серии структурных карт и построенного композитного разреза [2] с волновым характером проявления неотектонических движений [12], которые предопределили появление орографических волн [5]. По результатам сопоставления отмечено дальнейшее смещение интенсивности тектонических движений в юго-восточном направлении, что дополняет выявленную на основе анализа структурных поверхностей историю тектонического развития [2] и позволяет считать неотектонические движения составной частью общего эволюционного развития мезо-кайнозойского чехла.

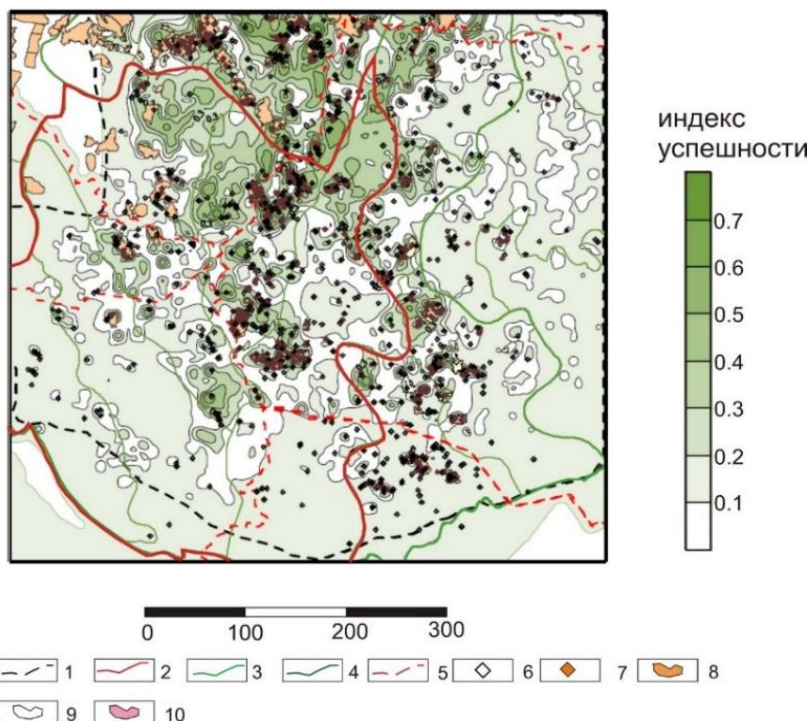
На региональном уровне наибольшие соответствия отмечены при сопоставлении современной активизации фундамента (рисунок 4) и индекса успешности поисково-разведочного бурения в верхнеюрском НГК (рисунок 5).

На зональном уровне неравномерность развития мезо-кайнозойского чехла была установлена на основе совместного анализа неотектонических движений и современных процессов с базисной поверхностью, которая выделена в современном рельефе. Сопоставление двух схем (рисунки 1, 4) позволило сделать предположение об унаследованном развитии современного рельефа от неотектонических движений и на основании полученных результатов разработать методику исключения неотектонической составляющей из тектонических движений, фиксирующихся в современных рельефообразующих процессах.



- 1 – изолинии амплитуд неотектонических движений по модулю;
 2 – продуктивные скважины верхнеюрского нефтегазоносного комплекса

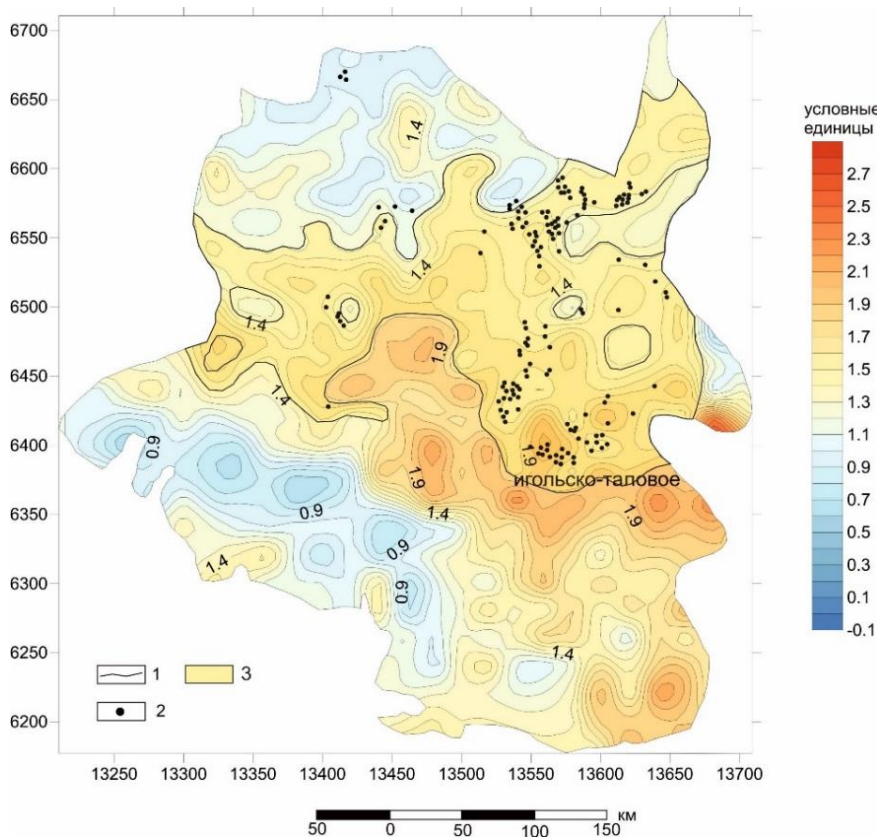
Рисунок 4. Фрагмент «Карты неотектоники нефтегазоносных областей Западной и Восточной Сибири» [13] на территории Каймысовской НГО



- 1-5 – *границы*: 1 – распространения НГК, 2 – нефтегазоносной области, 3 – нефтегазоносного района, 4 – нефтегазоносной провинции, 5 – административные;
 6-7 – *скважины*: 6 – вскрывшие верхнеюрские отложения, 7 – вскрывшие верхнеюрские отложения с положительным результатом;
 8-10 – *месторождения*: 8 – нефтяные, 9 – нефтегазовые, 10 – газовые

Рисунок 5. Индекс успешности поисково-разведочного бурения в верхнеюрском нефтегазоносном комплексе Каймысовской НГО [14]

На первом этапе сопоставили базисную поверхность, характеризующую неотектоническую составляющую в современном рельефе земли с общим показателем эрозионно-денудационного расчленения.



- 1 – изолинии значений вычисленного показателя;
- 2 – продуктивные скважины, вскрывшие верхнеюрские отложения;
- 3 – перспективная на нефть и газ область верхнеюрского НГК, установленная на основе совместного анализа современных и неотектонических движений

Рисунок 6. Проявление современных рельефообразующих процессов в неотектонических движениях в пределах Каймысовской НГО

Поскольку размерности значений анализируемых показателей различны, осуществлено их нормирование от 0 до 1. На втором этапе сопоставление осуществлено из предположения о ведущей роли неотектонических движений в формировании современного рельефа земной поверхности. С этой целью выполнено ранжирование нормированных значений выбранных показателей и построена схема (рисунок 6).

При прогнозе перспективных на нефть и газ областей в пределах Западно-Сибирской НГП [6] было установлено, что крупные месторождения нефти отсутствуют в областях интенсивного проявления неотектонических движений. Разделяя эту точку зрения и вычлняя из анализа области максимальных значений (рисунок 6), выделяется область значений, близкая по своим размерам к области современной активизации фундамента. Полученные результаты позволили сделать предположение о том, что в современных рельефообразующих процессах отражается активизация фундамента, которая в значительной степени совпадает с индексом успешности поисково-разведочного бурения в верхнеюрском НГК.

Выводы

1. На региональном уровне установлено, что неотектонические движения, развиваясь унаследованно, позволяют считать их составной частью общего эволюционного развития мезо-кайнозойского чехла.

2. На зональном уровне установлен унаследованный от неотектонических движений характер в развитии современного рельефа: выявлены соответствия между этими движениями и формированием базисной поверхности.

3. Реликтовые области являются неблагоприятными при оценке перспективных на нефть и газ участков, поскольку в их пределах происходит интенсивный перенос энергии и вещества. Их исключение из общей площади объекта исследования в значительной степени позволило сократить перспективные площади.

4. В областях, отличных от реликтовых, выделены перспективные участки, которые хорошо соотносятся с индексом успешности поисково-разведочного бурения в верхнеюрском нефтегазоносном комплексе Каймысовской НГО, который рассчитывался с привлечением значительного объема геологической информации.

5. В пределах перспективных участков установлены различия в реакции фундамента (подошва чехла) и рельефа земной поверхности на современные тектонические движения, что предполагает дальнейшее проведение детальных работ по их оценке.

Список используемых источников

1. Салманов Ф.К. К вопросу о времени формирования нефтяных месторождений Сургутского свода // Нефтегазовая геология и геофизика. 1969. № 10. С. 3-7.

2. Конторович В.А., Соловьев М.В., Калинина Л.М. и др. Роль мезокайнозойской тектоники в формировании залежей углеводородов в южных частях каймысовского свода и Нюрольской мегавпадины // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 8. С. 1075-1091.

3. Конторович В.А. Тектоника и нефтегазоносность мезозойско-кайнозойских отложений юго-восточных районов Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 253 с.

4. Флоренсова Н.А. Новейшая тектоника нефтегазоносных областей Сибири. М.: Недра, 1981. 239 с.

5. Мещеряков Ю.А. Рельеф СССР. М.: Мысль, 1972. 519 с.

6. Варламов И.П., Якименко Э.Л. Результаты изучения корреляционных связей современного рельефа и рельефа некоторых структурных горизонтов Западно-Сибирской равнины // Структурно-геоморфологические исследования в Сибири и на Дальнем Востоке: сб. науч. тр. Новосибирск: 1975. С. 14-18.

7. Глухманчук Е.Д., Леонтьевский А.В. Анализ дисгармонии структурных планов на месторождениях Западной Сибири // Вестник Югорского государственного университета. 2006. № 3 (4). С. 24-30.

8. Лапин П.С. Современная активизация верхнеюрского нефтегазового комплекса в пределах Каймысовской НГО // Недропользование. Горное дело. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых: сб. тр. XIII междунар. науч. конф. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2017. Т. 2. С. 48-53.

9. Лапин П.С. Современный морфогенез Западного Саяна и сейсмичность // Геоморфология. 2009. № 1. С. 76-84.

10. Уфимцев Г.Ф. Картографический анализ при изучении неотектоники горных стран // Геология и геофизика. 1974. № 2. С. 79-85.

11. Филосовов В.П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Саратов: Коммунист, 1960. 95 с.

12. Лапин П.С. Влияние на размещение крупных газовых месторождений волнового характера неоген-четвертичных рельефообразующих процессов (Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция) // Недропользование. Горное дело. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых: сб. тр. VIII междунар. науч. конф. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2012. Т. 1. С. 142-146.

13. Флоренсова Н.А., Варламова И.П. Карта новейшей тектоники нефтегазоносных областей Сибири. М.: Аэрогеология, 1981. 8 с.

14. Бурштейн Л.М. Методы количественной оценки перспектив нефтегазоносности (на примере седиментационных бассейнов Сибири): дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Новосибирск: ИНГГ СОРАН, 2011. 440 с.

References

1. Salmanov F.K. K voprosu o vremeni formirovaniya neftyanykh mestorozhdenii Surgutskogo svoda [On the Question of the Time of Formation of Oil Fields of the Surgut Arch]. *Neftegazovaya geologiya i geofizika – Oil and Gas Geology and Geophysics*, 1969, No. 10, pp. 3-7. [in Russian].

2. Kontorovich V.A., Solov'ev M.V., Kalinina L.M. i dr. Rol' mezokainozoiskoi tektoniki v formirovanii zalezhei uglevodorodov v yuzhnykh chastyakh kaimysovskogo svoda i Nyurol'skoi megavpadiny [The Role of Mesozoic Tectonics in the Formation of Hydrocarbon Pools in the Southern Parts of the Kaimysovy Arch and Nyurol'ka Megadepression]. *Geologiya i geofizika – Russian Geology and Geophysics*, 2011, Vol. 52, No. 8, pp. 1075-1091. [in Russian].

3. Kontorovich V.A. *Tektonika i neftegazonosnost' mezozoiskokainozoiskikh otlozhenii yugo-vostochnykh raionov Zapadnoi Sibiri* [Tectonics and Oil and Gas Potential of Mesozoic-Cenozoic Deposits of South-Eastern Regions of Western Siberia]. Novosibirsk, Izd-vo SO RAN Publ., 2002. 253 p. [in Russian].

4. Florensova N.A. *Noveishaya tektonika neftegazonosnykh oblastei Sibiri* [The Newest Tectonics of Oil and Gas Bearing Areas of Siberia]. Moscow, Nedra Publ., 1981. 239 p. [in Russian].

5. Meshcheryakov Yu.A. *Rel'ef SSSR* [Relief of the USSR]. Moscow, Mysl Publ., 1972. 519 p. [in Russian].

6. Varlamov I.P., Yakimenko E.L. Rezul'taty izucheniya korrelyatsionnykh svyazei sovremennogo rel'efa i rel'efa nekotorykh strukturnykh gorizontov Zapadno-Sibirskoi ravniny [Results of the Study of Correlation Relations of Modern Relief and Relief of Some Structural Horizons of the West Siberian Plain]. *Sbornik nauchnykh trudov «Strukturno-geomorfologicheskie issledovaniya v Sibiri i na Dal'nem Vostoke»* [Collection of Scientific Works «Structural and Geomorphological Studies in Siberia and the Far East»]. Novosibirsk, 1975, pp. 14-18. [in Russian].

7. Glukhmanchuk E.D., Leont'evskii A.V. Analiz disgarmonii strukturnykh planov na mestorozhdeniyakh Zapadnoi Sibiri [Analysis of Disharmony of Structural Plans in the Fields of Western Siberia] *Vestnik Yugorskogo gosudarstvennogo universiteta – Yugra State University Bulletin*, 2006, No. 3 (4), pp. 24-30. [in Russian].

8. Lapin P.S. Sovremennaya aktivizatsiya verkhneyurskogo neftegazovogo kompleksa v predelakh Kaimysovskoi NGO [Modern Activation of the Upper Jurassic Oil and Gas Complex within the Kaimys NGO]. *Sbornik trudov XIII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Nedropol'zovanie. Gornoe delo. Novye napravleniya i tekhnologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh»* [Proceedings of the XIII International Scientific Conference «Subsoil Use. Mining. New Directions and Technologies of Prospecting, Exploration and Development of Mineral Deposits»]. Novosibirsk, INGG SO RAN Publ., 2017, Vol. 2, pp. 48-53. [in Russian].

9. Lapin P.S. Sovremennyi morfogenez Zapadnogo Sayana i seismichnost' [Recent Morphogenesis of the Western Sayan and Seismicity]. *Geomorfologiya – Geomorfologiya*, 2009, No. 1, pp. 76-84. [in Russian].

10. Ufimtsev G.F. Kartograficheskiy analiz pri izuchenii neotektoniki gornyykh stran [Cartographic Analysis in the Study of Neotectonics of Mountain Countries]. *Geologiya i geofizika – Russian Geology and Geophysics*, 1974, No. 2, pp. 79-85. [in Russian].

11. Filosofov V.P. *Kratkoe rukovodstvo po morfometricheskomu metodu poiskov tektonicheskikh struktur* [A Brief Guide to the Morphometric Method of Searching for Tectonic Structures]. Saratov: Kommunist Publ., 1960. 95 p. [in Russian].

12. Lapin P.S. Vliyanie na razmeshchenie krupnykh gazovykh mestorozhdenii volnovogo kharaktera neogen-chetvertichnykh rel'efoobrazuyushchikh protsessov (Zapadno-Sibirskaya neftegazonosnaya provintsiya) [Influence of Neogene-Quaternary Relief-Forming Processes (West Siberian Oil and Gas Province) on Placement of Large Gas Fields of Wave Character)]. *Sbornik trudov VIII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Nedropol'zovanie. Gornoe delo. Novye napravleniya i tekhnologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh»* [Proceedings of the VIII International Scientific Conference «Subsoil Use. Mining. New Directions and Technologies of Prospecting, Exploration and Development of Mineral Deposits»]. Novosibirsk, INGG SO RAN Publ., 2012. Vol. 1, pp. 142-146. [in Russian].

13. Florensova N.A., Varlamova I.P. *Karta noveishei tektoniki neftegazonosnykh oblastei Sibiri* [Map of the Latest Tectonics of Oil and Gas Bearing Regions of Siberia]. Moscow, Aerogeologiya Publ., 1981. 8 p. [in Russian].

14. Burshtein L.M. *Metody kolichestvennoi otsenki perspektiv neftegazonosnosti (na primere sedimentatsionnykh basseinov Sibiri): dis. dok. geologo-mineralogicheskikh nauk* [Methods of Quantitative Assessment of Oil and Gas Potential (on the Example of Sedimentation Basins of Siberia): D-r Geological and Mineralogical Sci. Diss.]. Novosibirsk, INGG SORAN Publ., 2011. 440 p. [in Russian].

Сведения об авторе

About the author

Лалин Павел Степанович, канд. геогр. наук, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука, Сибирского отделения Российской Академии наук, г. Новосибирск, Российская Федерация

Pavel S. Lapin, Candidate of Geographic Sciences, A.A. Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

e-mail: lapinPS@ipgg.sbras.ru, pavlap@ngs.ru