



# ГЕОЛОГИЯ И МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ СИБИРИ

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 1(29) ♦ 2017  
Январь –  
март

Главный редактор –  
д. г.-м. н. А. И. Варламов

## Редакционная коллегия

Смирнов М. Ю., к.г.-м.н. (первый заместитель главного редактора)  
Свинин В. Ф. (отв. редактор)  
Брехунцов А. М., д.г.-м.н. (Тюмень)  
Герт А. А., д.э.н. (Новосибирск)  
Голошубин Г., д.ф.-м.н., проф. (Хьюстон, США)  
Добрецов Н. Л., акад. РАН (Новосибирск)  
Евтушенко В. М., к.г.-м.н., зам. главного редактора (Новосибирск)  
Каменецкий Ф., проф. (Мюнхен, Германия)  
Конторович А. Э., акад. РАН (Новосибирск)  
Кулешов В. В., акад. РАН (Новосибирск)  
Мельников Н. В., д.г.-м.н. (Новосибирск)  
Николаев А. В., чл.-корр. РАН (Москва)  
Похиленко Н. П., акад. РАН (Новосибирск)  
Птицын А. Б., д.г.-м.н. (Чита)  
Сейфуль-Мулюков Р. Б., д.г.-м.н. (Москва)  
Старосельцев В. С., д.г.-м.н., проф., зам. главного редактора (Новосибирск)  
Тригубович Г. М., д.т.н., проф., зам. главного редактора (Новосибирск)  
Шевченко А. А., к.г.-м.н., отв. секретарь (Новосибирск)  
Эпов М. И., акад. РАН (Новосибирск)

## Редакционный совет

Алексеев Г. Ф., к.т.н. (Москва)  
Будников И.В., к.г.-м.н. (Новосибирск)  
Васильев В. И., к.г.-м.н. (Иркутск)  
Девятков В. П., д.г.-м.н. (Новосибирск)  
Жуков К. А., к.т.н. (Новосибирск)  
Комаров А. В. (Томск)  
Конторович В. А., чл.-корр. РАН (Новосибирск)  
Краснов В. И., к.г.-м.н. (Новосибирск)  
Ларичев А. И., к.г.-м.н. (Санкт-Петербург)  
Мизурский А. В., д.г.-м.н. (Новосибирск)  
Неволько А. И. (Новосибирск)  
Рыльков С. А., к.г.-м.н. (Екатеринбург)  
Сальников А. С., д.г.-м.н. (Новосибирск)  
Смирнов Е. В., к.г.-м.н. (Новосибирск)  
Ефимов А. С. (Новосибирск)  
Филипцов Ю. А., к.г.-м.н. (Красноярск)  
Черных А. И., к.г.-м.н. (Москва)  
Филатов В. В., д.ф.-м.н. (Новосибирск)  
Шиганова О. В., к.г.-м.н. (Новосибирск)  
Шпильман А. В., к.г.-м.н. (Тюмень)  
Шурыгин Б. Н., чл.-корр. РАН (Новосибирск)

## Редакция

Воронина Т. А.  
Изотова Е. С.  
Першина М. В.

630091, Новосибирск,  
Красный проспект, 67  
Тел./факс (383) 221-75-52  
E-mail: journal@sniiggims.ru  
www.jourgimss.ru

## Содержание

### Региональная геология, стратиграфия, тектоника

Б. В. Шибистов, В. А. Кринин, Д. С. Метрикин, З. В. Михайлова. К вопросу о кристаллическом фундаменте в юго-западной части Сибирской платформы.... 3

### Нефтегазовая геология

Н. В. Мельников, А. С. Ефимов, Ю. А. Филипцов, Е. В. Смирнов, В. Н. Беспечный, Л. В. Медюхина, Е. Г. Наумова. Газоперспективные объекты в вендском и кембрийском НГК Тасеевского участка Присяно-Енисейской синеклизы Сибирской платформы..... 12  
О. В. Бурлева, Л. Г. Вакуленко, О. В. Дульцева, П. А. Ян. Петрография и коллекторские свойства алевроито-песчаных пород горизонта Ю<sub>1</sub> (келловей – оксфорд) на юго-востоке Западной Сибири..... 30  
А. М. Фомин, С. А. Моисеев, В. А. Топешко. Характеристика нефтегазоносных комплексов и оценка нефтегазоносности Сюджерской НГО..... 43  
В. С. Старосельцев. Роль тектонического фактора в формировании углеводородных скоплений неокомских клиноформ Западной Сибири ..... 54

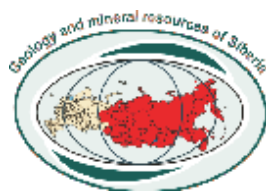
### Минералогия, рудные и нерудные полезные ископаемые

Е. А. Синкина, И. В. Кучеренко, Р. Ю. Гаврилов. Типоморфизм пирротина золоторудного месторождения Чертово Корыто ..... 58  
Н. И. Гусев. Изотопно-геохронологические данные гранулитов Ильинской глыбы как свидетельство гетерогенности Анабарского щита ..... 66  
А. А. Редина, С. Р. Осинцев, Ю. О. Редин. Минеральный состав и основные генетические особенности серебро-полиметаллического оруденения Мочищенского штока (Новосибирское Приобье, Западная Сибирь) ..... 80  
В. М. Исаков, К. В. Старосельцев. Изучение офиолитовых комплексов при геологическом картировании на примере Алтае-Саянской складчатой области. Ч. 2 ..... 89  
Р. В. Кужугет, В.В. Зайков, Н.Н. Анкушева. Минералого-геохимические особенности Арысканского рудопроявления золота кварцево-жильного типа в березитах (Западная Тува) ..... 98

### Геофизика, геофизическое приборостроение

А. Н. Фаге, Н. М. Яркова, И. Н. Ельцов. Доразведка неглубоких угольных месторождений с использованием метода электротомографии и трехмерного численного моделирования ..... 111  
К. В. Тараканов. Перспективы глубоких горизонтов Новопортовского месторождения по результатам томографии гравитационного поля..... 124  
Наши авторы ..... 129

ISSN 2078-0575



# GEOLOGY AND MINERAL RESOURCES OF SIBERIA

QUARTERLY SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

N 1(25) ♦ 2017  
January –  
March

**Editor**  
DSc A.I. Varlamov

## **Editorial board:**

Smirnov M. Yu., PhD (senior associated editor)

Svinin V. F. (executive editor)

Brekhtunsov A. M., DSc (Tyumen)

Gert A. A., DSc (Novosibirsk)

Goloshubin G., DSc, prof. (Houston, USA)

Dobretsov N. L., acad. RAS (Novosibirsk)

Evtushenko V. M., PhD (Novosibirsk)

Kamenetskij F., prof. (Munich, Germany)

Kontorovich A. E., acad. RAS (Novosibirsk)

Kuleshov V. V., acad. RAS (Novosibirsk)

Melnikov N. V., DSc (Novosibirsk)

Nikolaev A. V., corr. memb. RAS (Moscow)

Pokhilenko N. P., acad. RAS (Novosibirsk)

Ptitsyn A. B., DSc (Chita)

Sejful'-Mulyukov R. B., DSc, prof. (Moscow)

Staroseltsev V. S., DSc, prof., senior associated editor (Novosibirsk)

Trigubovich G. M., DSc, prof., senior associated editor (Novosibirsk)

Shevtchenko A. A., PhD, executive secretary (Novosibirsk)

Epov M. I., acad. RAS (Novosibirsk)

## **Editorial council:**

Alekseev G. F., PhD (Moscow)

Budnikov I. V., PhD (Novosibirsk)

Vasilyev V. I., PhD (Irkutsk)

Devyatov V. P., DSc (Novosibirsk)

Zhukov K. A., PhD (Novosibirsk)

Komarov A. V. (Tomsk)

Kontorovich V. A., corr. memb. RAS (Novosibirsk)

Krasnov V. I., PhD (Novosibirsk)

Larichev A. I., PhD (St. Petersburg)

Migur'skiy A. V., DSc (Novosibirsk)

Nevolko A. I. (Novosibirsk)

Rylkov S. A., PhD (Ekaterinburg)

Smirnov E. V., PhD (Novosibirsk)

Efimov A. S. (Novosibirsk)

Filiptsov Yu. A., PhD (Krasnoyarsk)

Filatov V. A., DSc (Novosibirsk)

Chernykh F. I., PhD (Moscow)

Shiganova O. V., PhD (Novosibirsk)

Shpilman A. C., PhD (Tyumen)

Shurygin B. N., corr. memb. RAS (Novosibirsk)

## **Editorial staff**

Voronina T. A.

Izotova E. S.

Pershina M. V.

630091, Novosibirsk, Russia  
Krasny prospect, 67  
Tel./fax +7 (383) 221-75-52  
E-mail: journal@sniiggims.ru  
www.jourgimss.ru

## Content

### **Regional Geology, Stratigraphy, Tectonics**

*B. V. Shibistov, V. A. Krinin, D. S. Metrikin, Z. V. Mikhaylova.* Crystalline basement in the southwest of the Siberian Platform ..... 3

### **Petroleum Geology**

*N. V. Melnikov, A. S. Efimov, Yu. A. Filiptsov, E. V. Smirnov, V. N. Bespechny, L. V. Medyukhina, E. G. Naumova.* Gas targets of the Vendian and Cambrian petroleum plays in the Taseevsky block of the Cis-Sayan-Yenisei syncline in the Siberian Platform ..... 12

*O. V. Burleva, L. G. Vakulenko, O. V. Dultseva, P. A. Yan.* Petrography and reservoir properties of silty and sandy rocks of horizon Yu<sub>1</sub> (callovian-oxfordian) in the southeast of Western Siberia ..... 30

*A. M. Fomin, S. A. Moiseev, V. A. Topeshko.* Description of petroleum plays and appraisal of petroleum content of the Syugdzher petroleum region ..... 43

*V. S. Staroseltsev.* The role of tectonic factor in the formation of hydrocarbon accumulations in the Neocomian clinoforms of Western Siberia ..... 54

### **Minerogenesis, ore and non-metallic mineral resources**

*E. A. Sinkina, I. V. Kucherenko, R. Yu. Gavrilov.* Pyrrhotite typomorphism of the Chyortovo Koryto gold ore deposit ..... 58

*N. I. Gusev.* Isotope-geochronological data on granulites of the Ilyinskaya block as an evidence of the anabar shield heterogeneity ..... 66

*A. A. Redina, S. R. Osintsev, Yu. O. Redin.* Mineral composition and major genetic features of silver-polymetallic mineralisation of the Mochishchensky bunch (Novosibirsk Ob Region, Western Siberia) ..... 80

*V. M. Isakov, K. V. Staroseltsev.* Study of ophiolitic complexes during geological mapping on the example of the Altai-Sayan Folded Region. Pt 2. .... 89

*R. V. Kuzhuget, V. V. Zaykov, N. N. Ankusheva.* Mineral and geochemical features of the Ayskanskoye gold-quartz mineralisation in beresites (Western Tuva) ..... 98

### **Geophysics, Geophysical Industry**

*A. N. Fage, N. M. Yarkova, I. N. El'tsov.* Supplementary exploration of shallow coal deposits by electrical tomography method and 3D numerical simulation ..... 110

*K. V. Tarakanov.* Prospects of deep horizons of the Novoportovskoye field based on gravity field tomography ..... 124

Our authors ..... 131

ISSN 2078-0575



УДК (552.3+552.5):551.72(571.5-14)

## К ВОПРОСУ О КРИСТАЛЛИЧЕСКОМ ФУНДАМЕНТЕ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Б. В. Шибистов<sup>1</sup>, В. А. Кринин<sup>2</sup>, Д. С. Метрикин<sup>1</sup>, Э. В. Михайлова<sup>1</sup><sup>1</sup>Гравиметрическая экспедиция № 3, Красноярск; <sup>2</sup>Сибирский федеральный университет, Красноярск

На основе изучения гранитоидов, вскрытых в ряде буровых скважин под подошвой венда или в отложениях рифея, рядом исследователей сделан вывод о залегании в юго-западной части Сибирской платформы на глубине 2–3 км крупного блока кристаллического фундамента. В разрезе карелия и рифея Енисейского кряжа магматические породы связаны с этапами тектонической активизации и находятся на нескольких стратиграфических уровнях. Фундамент в юго-западной части Сибирской платформы может представлять собой вскрытые некоторыми скважинами фрагменты магматитов разных уровней разреза. Под ним могут залегать терригенно-углеводородные толщи рифейского яруса платформенного чехла с благоприятными условиями накопления углеводородов. Вопрос о возрасте фундамента изучен недостаточно в силу малого количества определений и большого разброса значений возраста, полученных разными методами в разных лабораториях.

**Ключевые слова:** Сибирская платформа, кристаллический фундамент, Енисейский кряж, магматизм, рифей.

## CRYSTALLINE BASEMENT IN THE SOUTHWEST OF THE SIBERIAN PLATFORM

B. V. Shibistov<sup>1</sup>, V. A. Krinin<sup>2</sup>, D. S. Metrikin<sup>1</sup>, Z. V. Mikhaylova<sup>1</sup><sup>1</sup>Gravimetric Expedition No. 3, Krasnoyarsk; <sup>2</sup>Siberian Federal University, Krasnoyarsk

Based on granitoids uncovered by several wells under the Vendian base or in the Riphean deposits, a number of scientists concluded that a large crystalline basement block lies 2 km to 3 km deep in the southwest of the Siberian Platform. In the Carelian and Riphean sections of the Yenisei ridge, magmatic rocks are associated with the tectonic activation stages and lie in several stratigraphic levels. The basement of the southwestern Siberian Platform may be the fragments of magmatites in various cross-section levels, tapped by several wells. Under the basement, there may be terrigenous-carbonaceous Riphean strata of the platform cover that favour accumulation of hydrocarbons. The basement age is still unclear due to a small number of findings and a wide range of ages tested by various methods and different laboratories.

**Keywords:** Siberian Platform, crystalline basement, Yenisei ridge, magmatism, Riphean.

DOI 10.20403/2078-0575-2017-1-3-11

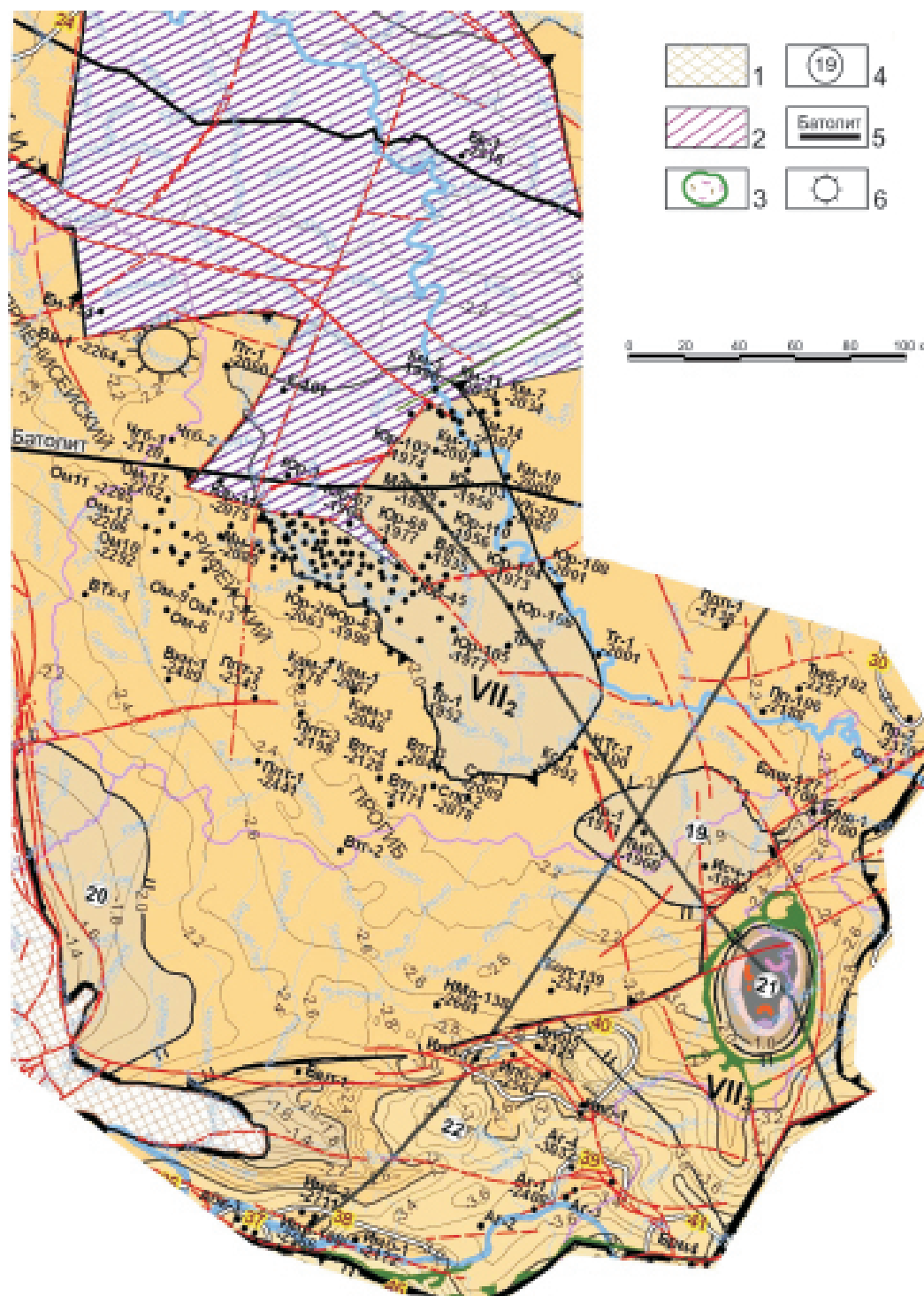
На структурно-тектонической схеме горизонта  $R_0$  (кровля рифея), построенной группой оперативного анализа геолого-разведочных работ на нефть и газ в КНИИГиМС (В. А. Бутан и др., 2012 г.), показан обрамленный дизъюнктивными дислокациями крупный положительный тектонический блок северо-западного простираения, протягивающийся на расстояние около 400 км при ширине 150–180 км. Он разделяет Приенисейский и Ангара-Котуйский тектонические прогибы в западной части Сибирской платформы (рис. 1).

Блок выделен северо-восточнее Енисейского кряжа и простирается субпараллельно ему в северо-западном направлении. Конфигурация блока, очевидно, не случайна, она подчиняется общему плану тектонического строения этой части Сибирской платформы. В потенциальных полях блок сопровождается серией локальных поднятий и структурных мысов или «носов» (Вакунайское поднятие, Юдуконский, Юктэнский, Енгидинский своды и другие структуры). Блок, если он реален, должен быть в своих очертаниях гораздо ближе к естественным, плавным тектоническим границам Енисейского кряжа, известным издавна по геологическому картированию.

Чересчур ломаные, участками прямолинейные «тектонические» границы блока, показанные на схеме, очевидно, не подчиняются законам тектонофизики и кривизне поверхности Земли.

Этот блок показан на схеме В. А. Бутана и др. как образование кристаллического фундамента, залегающего на различной глубине под породами рифейского, вендского и фанерозойского осадочно-вулканогенного платформенного чехла в юго-западной части Сибирской платформы.

Что представляет собой в реальности фундамент, вскрытый скважинами в юго-западной части Сибирской платформы? У многих геологов сложилось довольно устойчивое представление о принадлежности вскрытых скважинами гранитоидов к кристаллическому фундаменту платформы. Фундамент (граниты и гранитоиды) вскрыт рядом скважин (Байкитская 1, Юрубченские 1, 6, 9, 66, 67, 112, Енгидинская 154, Таначинская 7), в которых определены значения возраста, варьирующие в широких пределах: от 1226 и 1566 млн лет (Байкитские скв. 1 и 7, данные СНИИГиМС), до 2563±5,4 млн лет (Юрубченская скв. 1, данные В. С. Бочкарева и др., 2011). Часто единственным критерием отнесения



**Рис. 1.** Структурно-тектоническая карта по ОГ R<sub>0</sub> (по В. А. Бутану и др., 2012)

1 – рифейские образования Енисейского края; 2 – образования кристаллического фундамента; 3 – субщелочные и ультраосновные кольцевые интрузии Чадобецкого поднятия; 4 – структуры (19 – Хоркичско-Исчухское поднятие, 20 – Кажминское поднятие, 21 – Чадобецкое поднятие, 22 – Ангарская зона складок); 5 – опорный геолого-геофизический профиль; 6 – Юдуконский гравитационный максимум

блока к кристаллическому фундаменту платформы является вскрытие скважинами магматических пород кислого состава. При этом реальное положение гранитоидов в геологическом разрезе не слишком-то принимается во внимание. Входят ли вскрытые скважинами гранитоиды в состав интенсивно метаморфизованных и дислоцированных кристалли-

ческих пород нижнего протерозоя и архея, классического фундамента платформ Земли (Сибирской, Восточно-Европейской, Северо-Американской, Бразильской, Сахарской, Австралийской), или они интродуцируют толщу рифейских осадочно-метаморфических пород, подобно магматическим телам кислого, основного, ультраосновного и щелочного состава





в рифейском разрезе Енисейского кряжа? И тогда под ними на платформе возможно продолжение рифейских нефтегазоносных комплексов?

В качестве наглядного примера следует привести наиболее полно изученный с помощью бурения район Юрубчено-Тохомского и Куюмбинского нефтегазоносных месторождений. Они расположены в юго-восточной периклинали упомянутого блока фундамента, а гранитоиды в пределах нефтегазоносных полей действительно вскрыты не одной скважиной. В Юрубченской скв. 67 под доломитами оскобинской свиты венда на глубине 2255 м вскрыто маломощное тело выветренного гранито-гнейса толщиной около 4 м; плотность его невелика (не более 2,40–2,53 г/см<sup>3</sup>). В кровле гранито-гнейса (или, возможно, в перекрывающих его вендских доломитах) отмечен приток газа. Подстилается тело гранитоидов кварцитами и песчаниками, которые некоторыми геологами отнесены к протерозойским отложениям. Вряд ли это достоверно обосновано: песчаники и кварциты на такой глубине, скорее всего, рифейские (погорюйская, максимум кординская свита, для которых характерны осадочные породы существенно кварцевого состава).

В Куюмбинской скв. 5 под кавернозными и окремненными доломитами куюмбинской толщи рифея в инт. 2522,7–2567 м вскрыт гранит; в инт. 2656–2703,5 м – измененные долерит, габбро-долерит и долерит с включениями кальцита; с глубины 2735 м до забоя скважины – вновь гранит (видимая мощность 7 м). Возраст доломитов в инт. 2656–2662 м определен K-Ar методом в 1071–1081 млн лет. Гранит в инт. 2700–2709,3 м дает разброс возраста от 1400–1350 до 665–715 млн лет. Первая цифра парадоксальна: получается, что более древняя гранитная магма прорывает более молодые рифейские доломиты.

Ситуация в Куюмбинской скв. 5 напоминает взаимоотношения индыглинского комплекса основных пород и гранитоидов татарско-аяхтинского комплекса в Татарском магматическом массиве Енисейского кряжа: более молодые граниты в нем прорывают индыглинский комплекс диабазов. В разрезе Куюмбинской скв. 5 также создается впечатление того, что гранитоиды моложе и залегающих выше доломитов, и габброидов, а породы основного состава изменены под их влиянием. К сожалению, отбор керна по разобранному интервалу не дает возможности представить непрерывный разрез скважины.

По материалам В. А. Бутана и др., долериты и габброиды скв. Кмб-5 остались «незамеченными». По-видимому, исследователи использовали данные только каротажа. Скорее всего, не были учтены сведения Н. С. Покровского и др. (1983, 1991 гг.) об изучении плотности горных пород в образцах, отобранных из керна скважин этого района, что заставило В. А. Бутана и др. отнести к гранитам весь интервал пород в скважине от глубины 2522,7 м до забоя (2742 м).

Вмещающие породы рифея в скв. Кмб-5 Н. С. Покровским и др. (1983) отнесены к куюмбинской толще, сопоставляемой рядом исследователей с шунтарской свитой верхнего рифея Енисейского кряжа [4]. В Куюмбинской скв. 7 разрез продолжается далее вниз от куюмбинской толщи вплоть до мадринской и вздрэшевской толщ, сопоставляемых с погорюйской и удерейской свитами Енисейского кряжа [4, 7]. Мадринская толща в разрезе скв. Кмб-7, по данным Н. С. Покровского и др. (1983), представлена известняками, подстилающая ее вздрэшевская толща – аргиллитами.

Весьма примечательна плотность образцов горных пород, отобранных в этом интервале. Плотность аргиллита, отнесенного к вздрэшевской толще, залегающей ниже мадринской, составляет 2,51–2,70 г/см<sup>3</sup>. Но на глубине 2716,2 м в разрезе вздрэшевской толщи отобран образец горной породы с плотностью 3,65 г/см<sup>3</sup>, равной плотности гематита.

Скорее всего, мадринскую и вздрэшевскую толщи следует «поднять» до уровня джурской и красногорской свит Енисейского кряжа. В береговых обнажениях р. Ангара вдоль Иркинеевского выступа Енисейского кряжа вскрываются отложения джурской свиты: яркие красные и зеленые строма-толитовые известняки, черные битуминозные известняки и перекрывающая их мощная толща светло-серых строма-толитовых доломитов. Карбонатная толща подстилается терригенными породами красногорской свиты с маломощным, но четко выдержанным по простиранию пластом гематитовой руды [1, 2, 8]. Ни в погорюйской, ни в удерейской свитах Енисейского кряжа не наблюдается подобных проявлений в виде пластов гематитовых руд и перерывов в осадконакоплении с образованием на их поверхностях окисных железорудных осадков. По сути дела, это первое в разрезе рифея Енисейского кряжа проявление окисных руд железа, предшествующее уникальному скоплению гематитовых и гематит-лептохлоритовых руд в нижнеангарской свите Ангара-Питского железорудного бассейна (ослянская серия верхнего рифея).

Следует однозначно заявить, что в корреляции стратиграфических подразделений рифея, выделенных за время многолетних исследований геологами-съемщиками на вскрытом эрозией Енисейском кряже, и «стратиграфии» рифейских толщ, перекрытых мощным палеозойским и мезозойско-кайнозойским чехлом платформенных отложений, творится порядочный сумбур. Началось это еще в 1960-х гг. на Чадобецком поднятии. Геологический разрез куполовидного Чадобецкого поднятия, выделенного впервые в 1938 г. тогда еще начинающим геологом, впоследствии доктором геолого-минералогических наук, профессором и членом-корреспондентом АН СССР А. С. Хоментовским, был четко сопоставлен им с разрезом Ангара-Питского синклиория и Иркинеевского выступа Енисейского кряжа. М. Н. Благовещенская при составлении геологической карты



Сибирской платформы м-ба 1:1 500 000 в 1963 г. также сохранила для Чадобецкого поднятия легенду Енисейского кряжа начиная с тейской серии. Государственная геологическая съемка м-ба 1:200 000 территории листов О-47-IV, О-47-V [6, 9] также использовала легенду Енисейского кряжа, включая и тасеевскую серию венда. Однако при геологическом картировании этой структуры в м-бе 1:50 000 свиты синийского (ныне рифейского) комплекса были переименованы и легенда приобрела «современный» облик.

С этой «современной» легендой появился ряд смещений стратиграфического порядка. Брусская свита в интерпретации О. В. Гутиной и др. [4] перемещена на уровень шунтарской свиты Ангара-Питского синклинория. Но песчаники бруссской свиты и согласно перекрывающие ее терригенно-карбонатные и терригенные отложения медведковской и безымянской свит в обнажениях долины р. Терина, правого притока р. Чадобец, на восточном крыле Чадобецкого поднятия, прослеживаются непрерывно в разрезе тасеевской серии. Они сохраняют последовательность наложения и сходство в литологии с алешинской, чистяковской и мошаконской свитами Канско-Тасеевского передового прогиба, окаймляющего Канский выступ и юго-восточную часть Енисейского кряжа, и Могдыгайской синклинали Ангара-Питского синклинория. Ю. А. Филипповым [7] отложения бруссской, медведковской и безымянской свит, издавна относившиеся к тасеевской серии венда [3, 6, 9], также отнесены к позднему рифею ( $R_3$ ).

Моктаконской скв. 3 фундамент вскрыт под катангской свитой венда на глубине 3782–3824 м (42 м) и представлен, судя по керну, гранитом. Налицо погружение подошвы венда до абс. отм. –3498 м. Практически во всех скважинах этого района как гранитоиды, так и рифейские толщи перекрываются либо оскобинской, либо ванаварской свитой вендского комплекса. Эрозионная поверхность рифея, подстилающая венд района, довольно пологая, в пределах первых градусов угла падения слоев, учитывая величину пространства территории, мощность стратиграфических подразделений (толщ) разреза (от нескольких десятков до первых сотен метров) и выдержанность фаций. Это выглядит как поверхность пенеплена. Но разница в 1000 м между кровлей гранитов в Моктаконской скв. 3 и Куюмбинской скв. 5 может говорить и о том, что вендские отложения залегают на гранитных массивах разного возраста. Вполне вероятен более глубокий эрозионный врез подошвы венда в подстилающие рифейские породы, достигший гранитоидной интрузии иного уровня. Не исключено и формирование дизъюнктивной структуры, возможно ступенчатого грабена.

Мощность рифейского комплекса от пенчингской свиты до дашкинской, в Ангара-Питском синклинории Енисейского кряжа достигает 10–

12 км. В юго-западной части Сибирской платформы рифейский разрез сокращается от 2–3 км на Чадобецком поднятии и до 1–2 км (местами до полного выклинивания) на западном крыле Непско-Ботубинского свода.

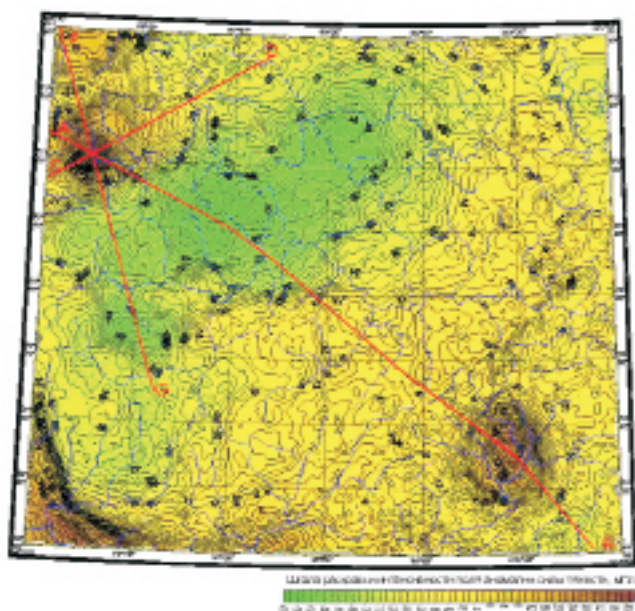
На площади, занятой тектоническим блоком кристаллического фундамента, на участке с координатами около 61°45' с. ш. и 96° в. д. В. А. Бутан и др. в 2012 г. выделили Юдуконский структурный нос. Южнее в гравитационном поле определена мощная положительная аномалия интенсивностью в условном уровне до 40 мГал. Координаты гравитационного максимума 61° с. ш., 95°30' в. д. Он особым условным знаком нанесен нами на вырезку из упомянутой тектонической схемы В. А. Бутана и др. (см. рис. 1).

В юго-западной части Сибирской платформы выявлены два подобных максимума поля силы тяжести. Первый из них – Чадобецкий, соответствующий одноименному сводовому тектоническому поднятию Сибирской платформы (рис. 2). Интенсивность Чадобецкой гравитационной аномалии в относительных единицах достигает +30 мГал на фоне окружающего поля со значениями от 0 до –20 мГал. Центр создающих ее масс, по расчетам, находится на глубине около 15 км, а нижняя кромка аномального объекта может простирается до глубины 35 км. Чадобецкое поднятие отчетливо проявляется и в магнитном поле (рис. 3, 4).

Чадобецкое поднятие – уникальная геологическая структура. Ее разрез глубоко вскрыт денудацией, и структура осложнена двумя куполами – Теринским и Чуктуконским, в которых выходят на поверхность рифейские и вендские отложения. На крыльях Чадобецкого поднятия обнажаются кембрийские и верхнепалеозойские осадочные породы. Поднятие окружено кольцевыми интрузиями долеритов и, возможно, щелочно-ультраосновных пород (карбонатитов). Докембрийские породы в его своде могут быть проработаны низкотемпературными гидротермальными процессами, так как невозможно предположить проникновение процессов выветривания ниже уровня подземных вод (дробленые, гидрагиллизированные терригенные породы до глубины 600 м прослежены буровой скважиной в Теринской палеоген-неогеновой эрозионной котловине, которая развита в ядре одноименной антиклинали, сложенной образованиями рифея).

В ядре Чадобецкого свода предполагается наличие мощной щелочно-ультраосновной интрузии, определяющей повышенную интенсивность положительной гравитационной аномалии. В результате магнитной съемкой на Чадобецком поднятии выявлена мощная, тоже положительная, аномалия. Эпицентр масс, ее создающих, по расчетам, также может находиться на глубине около 15 км, а влияние аномального объекта может простирается до глубины 35 км. Совпадение расчетных параметров масс, создающих обе аномалии, достаточно убе-





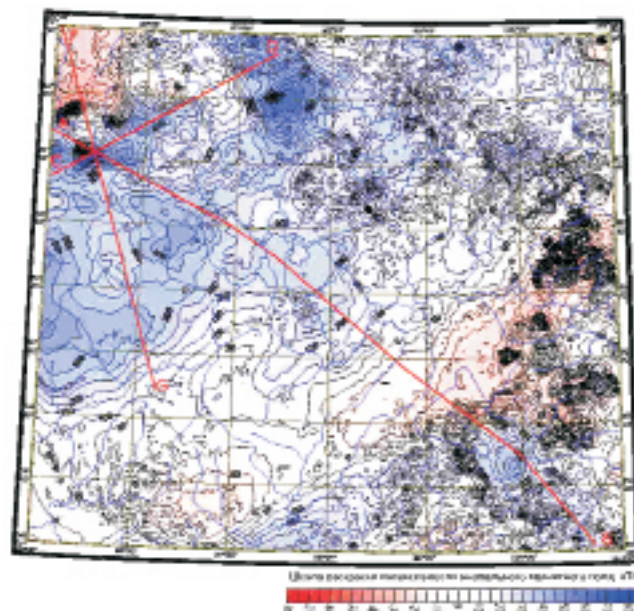
**Рис. 2.** Карта изолиний поля силы тяжести в условном уровне (красным обозначены линии построения вертикальных срезов потенциальных полей, по Б. А. Андрееву)

дительно указывает на единство их геологической природы.

Чадобецкое поднятие представляет собой уникальный рудоносный узел, в котором, помимо бокситов, комплексных железоалюминиевых руд и титана в мел-палеогеновых отложениях карстовых впадин и эрозионно-осадочных котловин в сводах и на крыльях антиклинальных поднятий, выявлены крупные ресурсы ниобия и редкоземельных элементов иттриевой и цериевой группы (Чуктуконское месторождение) в коре выветривания щелочно-ультраосновных пород. Представляющее практический промышленный интерес содержание редкоземельных элементов выявлено и в железоалюминиевых мел-палеогеновых рудах.

Юдуконский гравитационный максимум обладает еще большей выразительностью по сравнению с Чадобецким: как уже было сказано, до +40 мГал на условном уровне. Глубинные горные породы, которые могли бы помочь распознаванию геологической природы интенсивности Юдуконского максимума, не вскрыты денудацией: в отличие от Чадобецкого поднятия Юдуконское перекрыто палеозойскими и мезозойскими осадочными и вулканогенными породами и щитом траппов.

Судя по данным магнитной съемки, Юдуконскому гравитационному максимуму соответствует положительная глубинная магнитная аномалия. Центр создающих ее масс, по расчетам, располагается на глубине 15–20 км, а нижняя кромка аномального объекта может простирается до глубины 50–55 км, т. е. практически до глубины залегания поверхности Мохо (см. рис. 3). Можно предположить, что аномалия – это выражение мощного интрузива, представляющего собой сложный, разновозрастный и многофазный, магматический очаг, в котором раз-



**Рис. 3.** Карта изолиний магнитного поля (красным обозначены линии построения вертикальных срезов потенциальных полей, по Б. А. Андрееву)

виваются интрузии от траппов до щелочных ультраосновных пород с оруденением от медно-никелевого до редкоземельного.

Предполагаемый Юдуконский интрузив, выраженный описываемым гравитационным максимумом, вероятно, овальной формы с поперечником до 25 км. Он характеризуется ярко проявленной концентрической структурой. По данным интерпретации локальной составляющей, полученной по пересчету гравитационного поля в верхнее полупространство на высоту 5 км, аномалиеобразующий объект состоит из двух частей. Юго-восточная часть имеет наибольшую избыточную плотность (см. рис. 3). Интенсивность аномалии позволяет предполагать ультраосновной состав пород в ядре объекта. По его периферии могли образоваться сложные, многофазные, длительно развивавшиеся субпластовые интрузии (от щелочно-ультраосновных и основных до кислых). Такие интрузии могли внедряться в разрез осадочных формаций, включая и рифейские уровни.

В частности, выделенный В. А. Бутаном и др. в 2012 г. (структура № 28) Юдуконский структурный нос, к северо-западу от Юдуконской гравитационной аномалии, в реальности может быть «щупальцем» магматического очага, выраженного в гравитационном поле ответвлением положительной аномалии относительно высокой интенсивности. Линейная положительная гравитационная аномалия действительно прослеживается от Юдуконского максимума к так называемому структурному носу (см. рис. 2). Аналогичная аномалия прослеживается и на восток-северо-восток от центра «очага». Вполне вероятно, что эти аномалии отражают внедрившиеся тела траппов.

Южнее Юдуконского гравитационного максимума закартирована обширная отрицательная гра-

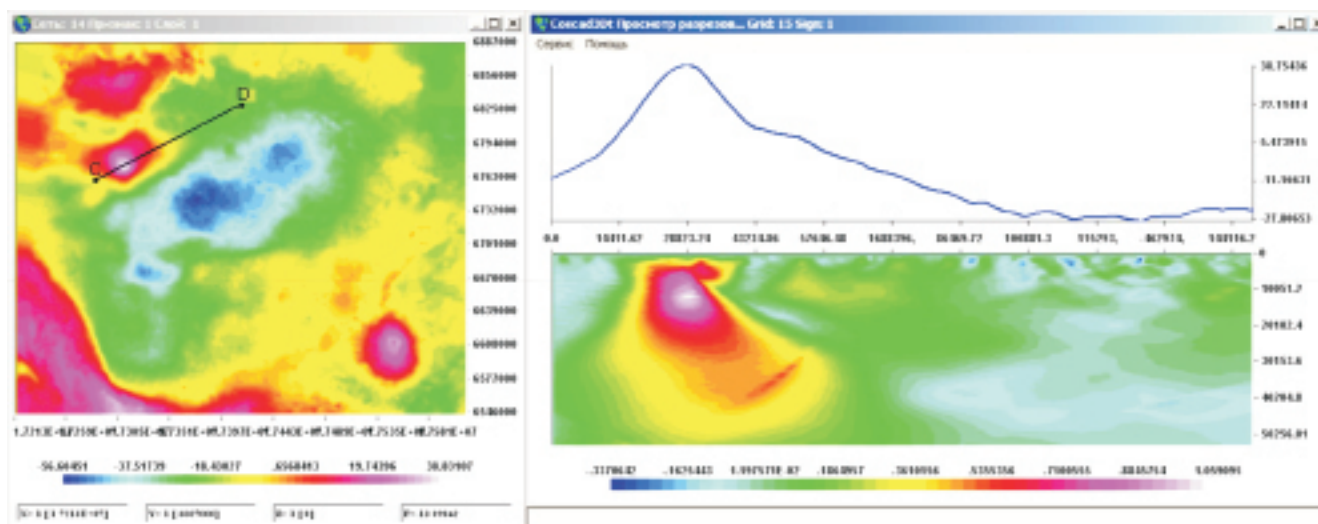


Рис. 4. Оценка геометрии и относительного распределения масс аномальных источников поля силы тяжести по линии С–D по исходному полю силы тяжести, по Б. А. Андрееву

витационная аномалия субширотного простирания. В ее пределах располагается большая часть продуктивных скважин Юрубченского и Кюмбинского нефтегазовых месторождений. Понижение уровня гравитационного поля связано, по-видимому, с увеличением мощности вендско-кембрийского и поздне-рифейского разрезов с относительно пониженной плотностью горных пород. В это поле фундамент фактически не попадает. Аномалия протягивается практически вкост простирания так называемого кристаллического фундамента, в пределы ее контура попадают лишь отдельные скважины, вскрывшие гранитоиды (см. рис. 1, 2). Вполне возможно наличие здесь крупнейшего нефтегазового бассейна в более глубоких горизонтах рифея.

По точечным (в скважинах) «уколам» удастся извлечь керн от подошвы венда до различных горизонтов рифея. На данной обширной территории из ряда скважин получен керн магматических пород кислого и основного состава, что принимается за мощный единый блок кристаллического фундамента в юго-западной части Сибирской платформы. На деле же эти породы представляют собой, скорее всего, не что иное, как различные по возрасту и составу магматические геологические тела на разных стратиграфических уровнях разреза.

Наглядным примером геологического развития магматизма в толщах нижнего протерозоя (карелия) и рифея служит Заангарье (Енисейский кряж). Распространение магматических пород в разрезе карелия и рифея детально показано в легенде к геологической карте Енисейского кряжа м-ба 1:500 000 [5].

В Заангарском районе Енисейского кряжа нижний протерозой представлен как метакомплекс чехла протоплатформы. Он представлен свитами хребта Карпинского (пенченгинской и белоручьевской), сложенными преимущественно кристаллосланцами, кварцитами, мраморами, амфиболитами. В основании комплекса наблюдаются признаки перерыва в осадконакоплении. Ниже подошвы комплекса

развит гаревский интрузивный комплекс (гнейсо-граниты, пегматоидные граниты, пегматиты). К разрезу пенченгинской свиты приурочен индиглинский субвулканический комплекс, представленный амфиболитизированными габбро-долеритами и долеритами (на некоторых участках наблюдаются секущие контакты более молодых гранитоидов с основными породами индиглинского комплекса).

К кровле нижнего протерозоя приурочены попутинский комплекс амфиболитизированных пикритов и пироксенитов и расположенный выше пенченгинский комплекс камптонитов, пироксенитов и карбонатитов.

Еще выше с разрывом залегают породы сухопитской серии нижнего и среднего рифея (кординская, горбилонская, удерейская, погоруйская свиты и свита Карточки), сложенные терригенным, карбонатным и туфогенным материалом с пластами диабазов, базальтов и их туфов. В юго-западной и юго-восточной части Ангаро-Питского синклинория на известняках свиты Карточки с разрывами в простирании залегают доломиты аладинской свиты с телами магнезитов. В кровле сухопитской серии находятся плагиограниты, гранодиориты, диориты и габбро-диориты среднетырадинского комплекса. Комплекс относится к типу интрузий зон активизации континента и приурочен, по-видимому, к тектоническому перерыву в осадконакоплении.

С перерывом на сухопитской серии залегает тунгусикская серия. В Ангаро-Каменской фациальной зоне это потоскуйская и шунтарская свиты. Потоскуйская свита составлена сланцами кварц-серицитовыми, кварц-хлорит-серицитовыми, хлоритоидными с линзами известняков, пластами песчаников и гравелитов. Восточнее, в Каменско-Чернореченской фациальной зоне, потоскуйская свита разделяется на красногорскую (аргиллиты с пластом гематитовой руды) и джурскую (строматолитовые известняки и доломиты с пачками битуминозных известняков) толщи.





Шунтарская свита распространена в обеих упомянутых фациальных зонах достаточно выдержанно и сложена черными углеродистыми сланцами, часто известковистыми, с прослоями и линзами строматолитовых известняков и доломитов, пластами кварцитов. В разрезе наблюдаются линзы фосфатоносных и ванадиеносных сланцев. Отмечается наличие органических остатков (микрофитолитов и акритархов).

Разрез тунгусикской серии в Каменско-Чернореченской фациальной зоне завершается свитой Серого Ключа, сложенной известняками, углеродистыми сланцами и доломитами. К породам свиты приурочена полиметаллическая минерализация.

В кровле серии выделяются две интрузии зон активизации континента: посольненский комплекс (гнейсограниты, граниты, граносиениты полигенно метасоматические) и татарско-аяхтинский комплекс (граниты, порфиоровидные граниты, гранодиориты, плагиограниты, граносиениты, аплиты, пегматиты). В Осиновской СФЗ им соответствует Осиновский комплекс гранитов, лейкогранитов и аплитов.

Тунгусикская серия с размывом перекрывается породами киргитейской и ослянской. Киргитейская серия расчленяется на удоронгскую, борёминскую, мокринскую (дадыктинскую) свиты. В статье О. В. Гутинной и др. [4] борёминская свита почему-то «выпадает» из разреза, а размыв перемещен от подошвы нижнеангарской свиты в подошву дадыктинской, где его на самом деле нет. Разрез киргитейской серии представлен глинистыми и алеврито-глинистыми углеродистыми и известковистыми сланцами, доломитами и известняками, песчаниками, алевролитами. Разрез ослянской серии начинается с нижнеангарской свиты, сложенной песчаниками, алевролитами, часто с гематитовым цементом, глинистыми сланцами, с прослоями известняков и доломитов. Нижнеангарская свита содержит мощное гематитовое оруденение (Ангари-Питский железорудный бассейн с разведанными запасами свыше 1,5 млрд т). Нижнеангарская свита перекрывается дашкинской свитой, составленной преимущественно известняками. Завершается разрез ослянской серии чинеульской (глинистые и алеврито-глинистые сланцы, в том числе фосфатоносные, с прослоями песчаников и известняков).

В западной части кряжа киргитейской и ослянской соответствуют широкинской и верхневороговская серии, в составе которых выделены степановский (захребетинский) субвулканический комплекс (пикриты, щелочные пикриты, щелочные и субщелочные габбро, щелочные и нефелиновые сиениты) и орловский (ковригинский) субвулканический комплекс (габбро, долериты, трахириолиты, гранит-порфиры). В кровле этих серий залегают глушихинский комплекс лейкогранитов, гранит-порфиров, аплитов, пегматитов и пороженский комплекс щелочных сиенитов, нордмаркитов, щелочных гранитов, аляски-тов, несущих редкоземельную минерализацию.

Рифейский комплекс на Енисейском кряже и в Приенисейском передовом прогибе перекрывается со стратиграфическим и структурным несогласием вендскими карбонатно-терригенными отложениями. По измерениям возраста венду соответствует Среднетатарский комплекс нефелиновых сиенитов, ийолитов и щелочных пегматитов. Некоторые авторы считают возраст этого комплекса девонским. Хотя это в принципе уже не касается рассматривавшейся основной проблемы – истинного размещения магматических пород в рифейском разрезе юго-запада Сибирской платформы, но остаются сомнения, так ли уж были спокойны в отношении магматической активности периоды венда и нижнего палеозоя. К примеру, мезозойскими ли являются силлы траппов в отложениях нижнего кембрия?

Многолетний опыт геологического картирования Енисейского кряжа убедительно доказывает, что в его рифейском разрезе неоднократно происходила активизация магматической деятельности с внедрением магмы различного состава, и она была приурочена к этапам тектонических поднятий (с перерывами в осадконакоплении и размывами) и периодических циклов погружения и накопления осадков.

Можно ли все точки вскрытия скважинами гранитоидов и гнейсов в юго-западной части Сибирской платформы отнести к единому стратиграфическому уровню геологического положения их в кровле кристаллического фундамента? Скорее всего, нет. Явно недостаточно фактического материала для анализа петрологии, абсолютного и относительного возраста гранитов и гнейсов, вскрытых, например, скв. Кмб-5. Гранитоиды и породы основного состава по геологическим признакам, очевидно, разновозрастные.

Каков истинный возраст гранитоидов кристаллического фундамента в западной части Сибирской платформы? В имеющихся определениях наблюдается разброс данных о возрасте от рифейского до раннепротерозойского, а местами и архейского. Но это, как уже было сказано, единичные «уколы». Некоторые образцы, по-видимому, могут быть получены из наиболее древних участков тел гранитоидов, возможно, ксенолитов или сохранившихся магматических очагов начальных этапов развития интрузий в платформенном чехле.

Немало примеров широкого диапазона результатов измерений возраста в одном и том же крупном магматическом теле. В таком наиболее крупном в регионе гранитоидном массиве, как Татарский в Енисейском кряже, где определение возраста проводилось многократно различными исследователями на разных участках данного магматического тела, разброс данных о возрасте варьирует от 1 млрд лет и более до 500 млн лет, т. е. от раннего рифея до раннего кембрия. Это может свидетельствовать о весьма длительном периоде развития



плутона и неоднократной активизации магматической деятельности при его становлении.

Определенно нет уверенности в точности стратиграфической принадлежности горных пород, вскрываемых под гранитами. Например, залегающие под оскобинской свитой венда в Куюмбинской скв. 13 или ванаварской свитой венда в скважинах Юрубченских 19, 20 и Оморинской 3 рифейские отложения остались нерасчлененными. В их разрезах не распознаны выделенные в региональных геолого-стратиграфических легендах стратифицированные толщи.

Существуют противоречия между значениями возраста и имеющимися геолого-геофизическими моделями. Так, например, возраст гранитоидов, определенный в инт. 2319–2321 м в Юрубчанской скв. 9, составляет  $2377 \pm 22$  млн лет. Но на геолого-геофизическом разрезе по результатам сейсморазведочных работ Ошаровской сейсмопартией № 55/93-96 гг. (под руководством А. С. Ефимова в 1997 г.) ниже забоя скважины с гранитоидами (мощность их определяется примерно в 300 м) картируются отражающие сейсмические горизонты рифея  $R_4$ ,  $R_5$ , а не вскрытая бурением мощность рифейских отложений до поверхности фундамента (отражающий горизонт «Ф») составляет около 1450 м.

Аналогичная картина наблюдается в районе Юрубченской скв. 112, забой которой находится в гранитоидах с возрастом по Sr-Rb методу  $2311 \pm 70$  млн лет. Мощность кристаллических образований по данным сейсмических измерений определяется примерно в 600 м. Ниже сейсмическим методом картируются отражающие горизонты  $R_4$ ,  $R_5$  и Ф. Мощность не вскрытых скважиной под гранитоидами отложений рифея около 1000 м. Между Юрубченской скв. 63 и Юрубченской скв. 45 на поверхность несогласия между вендом и рифеем выходит секущее тело гранитоидов высотой около 2000 м и толщиной всего 100 м.

Из этих примеров вновь возникает неразрешимое противоречие между древностью, судя по определениям возраста, архейско-раннепротерозойских гранитоидов и относительной молодостью рифейских отложений, в которые внедряются интрузии гораздо более зрелых по возрасту магматических пород.

Положение и состав магматических пород Заангарья на Енисейском кряже убедительно доказывают сложность их развития и размещения в разрезе нижнего протерозоя и рифейского комплекса. Нет сомнений в том, что карельский и рифейский комплексы Енисейского кряжа слагают в юго-западной части Сибирской платформы нижний структурный ярус осадочного чехла, и, несмотря на редуцированную мощность их по сравнению с мощностью докембрийских толщ Енисейского кряжа, они достаточно легко распознаются по литологическому облику и стратиграфическому положению на Чадобецком поднятии. Магматические комплексы Енисей-

ского кряжа, по-видимому, во многом наследуют размещение и в платформенном чехле. Например, гранитоиды, вскрытые скважинами в пределах некоторых участков Байkitской антеклизы (Куюмбинская скв. 5), вполне могут быть сопоставимы с гранитоидами татарско-аяхтинского или глушихинского магматических комплексов Енисейского кряжа.

Вполне вероятно, что под гранитоидами, принимаемыми некоторыми специалистами за кровлю кристаллического фундамента, в юго-западной части Сибирской платформы на глубине, доступной исследованию с использованием бурения на современном техническом уровне, залегают рифейские отложения осадочного чехла со структурными условиями и коллекторскими свойствами пород, благоприятными для накопления углеводородов. Пока, по нашему мнению, на Юрубчено-Тохомском и Куюмбинском месторождениях вскрыт только «верхний этаж» крупного углеводородного бассейна. Основные ресурсы углеводородов могут быть сосредоточены в более глубоких горизонтах рифейского яруса юго-западной части Сибирской платформы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Березий А. Е. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Серия Ангаро-Ленская. Лист Щ-47-XIII: объяснительная записка. – М.: Недра, 1969. – 80 с.
2. Березий А. Е. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Серия Ангаро-Ленская. Лист О-47-XIV: объяснительная записка. – М.: Недра, 1970. – 80 с.
3. Благовещенская М. Н. Геологическая карта Сибирской платформы масштаба 1:1 500 000: объяснительная записка. – М.: Недра, 1963. – 150 с.
4. Гутина О. В., Сарвилов А. Д., Худорожков В. Г. Стратиграфическая схема рифея как основа прогноза новых зон нефтегазоаккумуляции в пределах юго-западной части Сибирской платформы // Перспективы развития нефтегазодобывающего комплекса Красноярского края: матер. науч.-произв. конф. – Красноярск: КНИИГиМС, 2007. – С. 92–101.
5. Качевский Л. К., Качевская Г. И., Грабовская Ж. М. Геологическая карта Енисейского кряжа, масштаб 1:500 000: объяснительная записка. – Красноярск, 1997. – 150 с.
6. Складов Р. Я. Государственная геологическая карта СССР, масштаб 1:200 000. Серия Ангаро-Ленская. Лист О-47-IV: объяснительная записка. – М.: Недра, 1963. – 80 с.
7. Филиппов Ю. А. Нефтегазоносность верхнего протерозоя западной части Сибирской платформы: автореф. дис. ... д.г.-м. н. – Красноярск, 2015. – 41 с.
8. Шибистов Б. В., Шевченко В. В., Шибистова Н. Р. Геологическая карта СССР, масштаб 1:200 000. Серия Енисейская. Лист О-46-XVIII: объяснительная записка. – М.: Недра, 1962. – 80 с.



9. Шибистов Б. В., Шибистова Н. Р., Шевченко В. В. Государственная геологическая карта СССР, масштаб 1:200 000. Серия Ангара-Ленская. Лист О-47-V: объяснительная записка. — М.: Недра, 1964. — 80 с.

## REFERENCES

1. Bereziy A. E. *Geologicheskaya karta SSSR. Masshtab 1:200000. Seriya Angaro-Lenskaya. List O-47-XIV. Ob'yasnitel'naya zapiska* [Geological map of the USSR. 1:200,000. Angara-Lena series. Sheet O-47-XIV. Explanatory note]. Moscow, Nedra Publ., 1970. 80 p. (In Russ.).
2. Bereziy A. E. *Geologicheskaya karta SSSR. Masshtab 1:200000. Seriya Angaro-Lenskaya. List O-47-XIII. Ob'yasnitel'naya zapiska* [Geological map of the USSR. 1:200,000. Angara-Lena series. Sheet O-47-XIII. Explanatory note]. Moscow, Nedra Publ., 1969. 80 p. (In Russ.).
3. Blagoveshchenskaya M. N. *Geologicheskaya karta Sibirskoy plat-formy masshtaba 1:1500000. Ob'yasnitel'naya zapiska* [1:1,500,000-scale geological map of the Siberian platform. Explanatory note]. Moscow, Nedra Publ., 1963. 150 p. (In Russ.).
4. Gutina O. V., Sarvirov A. D., Khudorozhkov V. G. [The Riphean stratigraphic chart as a basis for prediction of new oil and gas accumulation zones within the southwestern Siberian Platform]. *Perspektivy razvitiya neftegazodobyvayushchego kompleksa Krasnoyarskogo kraia. (Materialy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii, 20–23.11.2007 g.* [Development prospects of petroleum complex of the Krasnoyarsk Territory (Proceedings of scientific and production conference,

20–23.11.2007). Krasnoyarsk, KNIIGiMS Publ., 2007, pp. 92–101. (In Russ.).

5. Kachevsky L. K., Kachevskaya G. I., Grabovskaya Zh. M. *Geologicheskaya karta Eniseyskogo kryazha, masshtab 1:500000. Ob'yasnitel'naya zapiska* [1:500,000-scale geological map of the Yenisei ridge. Explanatory note]. Krasnoyarsk, 1997. 150 p. (In Russ.).

6. Sklyarov R. Ya. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR, masshtab 1:200000. Seriya Angaro-Lenskaya. List O-47-IV. Ob'yasnitel'naya zapiska* [Geological map of the USSR. 1:200,000. Angara-Lena series. Sheet O-47-IV. Explanatory note]. Moscow, Nedra Publ., 1963, 80 p. (In Russ.).

7. Filiptsov Yu. A. *Neftegazonosnost' verkhnego proterozoya zapadnoy chasti Sibirskoy platformy: (avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni doktora geologo-mineralogicheskikh nauk)* [Oil and gas content of the Upper Proterozoic of the western Siberian Platform: Author's thesis of DSc thesis]. Krasnoyarsk, 2015. 41 p. (In Russ.).

8. Shibistov B. V., Shevchenko V. V., Shibistova N. R. *Geologicheskaya karta SSSR, masshtab 1:200000. Seriya Eniseyskaya. List O-46-XVIII. Ob'yasnitel'naya zapiska* [Geological map of the USSR. 1:200,000. Yenisei series. Sheet O-46-XVIII. Explanatory note]. Moscow, Nedra Publ., 1962. 80 p. (In Russ.).

9. Shibistov B. V., Shibistova N. R., Shevchenko V. V. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR, masshtab 1:200000. Seriya Angaro-Lenskaya. List O-47-V. Ob'yasnitel'naya zapiska* [Geological map of the USSR. 1:200,000. Angara-Lena series. Sheet O-47-V. Explanatory note]. Moscow, Nedra Publ., 1964. 80 p. (In Russ.).

© Б. В. Шибистов, В. А. Кринин, Д. С. Метрикин,  
З. В. Михайлова, 2017





УДК 553.981.23.041:551.72/.732(571.51-191.2)

## ГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОБЪЕКТЫ В ВЕНДСКОМ И КЕМБРИЙСКОМ НГК ТАСЕЕВСКОГО УЧАСТКА ПРИСАЯНО-ЕНИСЕЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Н. В. Мельников<sup>1</sup>, А. С. Ефимов<sup>1</sup>, Ю. А. Филиппов<sup>2</sup>, Е. В. Смирнов<sup>1</sup>, В. Н. Беспечный<sup>1</sup>,  
Л. В. Медюхина<sup>1</sup>, Е. Г. Наумова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск; <sup>2</sup>Департамент по недропользованию по Центрально-Сибирскому округу, Красноярск

На основе данных бурения изучен разрез Тасеевского участка Присяно-Енисейской синеклизы. Показана перспективность для поиска газа отложений венда и кембрия и, предположительно, трещиноватых пород верхней части рифея. Рассмотрены локальные площади с ловушками газа в песчаниках редколесной свиты венда и в карбонатах нижнебельской подсвиты кембрия. Отмечено, что в венде преобладают структурные ловушки в брахиантиклиналях и куполах, а в кембрии – ловушки, ограниченные соляным диапиром. Приведено строение ловушек – размеры, площади, высоты, отметки условных ГВК на картах и геологических разрезах. Дана оценка локализованных ресурсов газа как преобладающего вида углеводородов на участке: в песчаниках редколесной свиты вендского НГК 570 млрд м<sup>3</sup> (шесть ловушек суммарной площадью 760 км<sup>2</sup>), а в карбонатах нижнебельской подсвиты кембрийского НГК – 190 млрд м<sup>3</sup> (шесть ловушек общей площадью 510 км<sup>2</sup>). На основании этих оценок предложено начать новый цикл геолого-разведочных работ на изучаемом участке с учетом того, что там имеется необходимая инфраструктура.

**Ключевые слова:** Присяно-Енисейская синеклиза, Тасеевский участок, перспективы газоносности, вендский НГК, кембрийский НГК, локализованные ресурсы газа.

## GAS TARGETS OF THE VENDIAN AND CAMBRIAN PETROLEUM PLAYS IN THE TASEEVSKY BLOCK OF THE CIS-SAYAN-YENISEI SYNECLISE IN THE SIBERIAN PLATFORM

N. V. Melnikov<sup>1</sup>, A. S. Efimov<sup>1</sup>, Yu. A. Filiptsov<sup>2</sup>, E. V. Smirnov<sup>1</sup>, V. N. Bespechny<sup>1</sup>,  
L. V. Medyukhina<sup>1</sup>, E. G. Naumova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk; <sup>2</sup>Department of Subsoil Use for the Central-Siberian Region, Krasnoyarsk

The cross-section of the Taseevsky block of the Cis-Sayan-Yenisei syncline was analysed based on drilling data. The analysis has shown the potential for searching for gas in the Vendian and Cambrian deposits and, probably, the fractured rocks in the upper Riphean strata. The authors estimated the potential of individual formations of the Taseevskaya Series. They examined local areas with gas traps in the sandstones of the Vendian Redkolesnaya Formation and in the carbonates of the Cambrian Nizhnebel'skaya Subformation. It was revealed that structural traps in brachyanticlines and domes prevail in the Vendian, and traps constrained by salt diapirs are common in the Cambrian. The article gives the structure of traps, their size, area, heights, conditional gas-water contacts on maps and in geological sections. The article contains the appraisal of localised resources of gas as a prevailing hydrocarbon at the block. The sandstones of the Redkolesnaya Formation in the Vendian petroleum play contain 570 bln m<sup>3</sup> of gas in six traps with the total area of 760 km<sup>2</sup>, and the carbonates of the Nizhnebel'skaya Subformation in the Cambrian petroleum play contain 190 bln m<sup>3</sup> of gas in six traps with the total area of 510 km<sup>2</sup>. Based on this appraisal, the authors suggest commencing a new exploration cycle at the block, taking into account that the required infrastructure is available there.

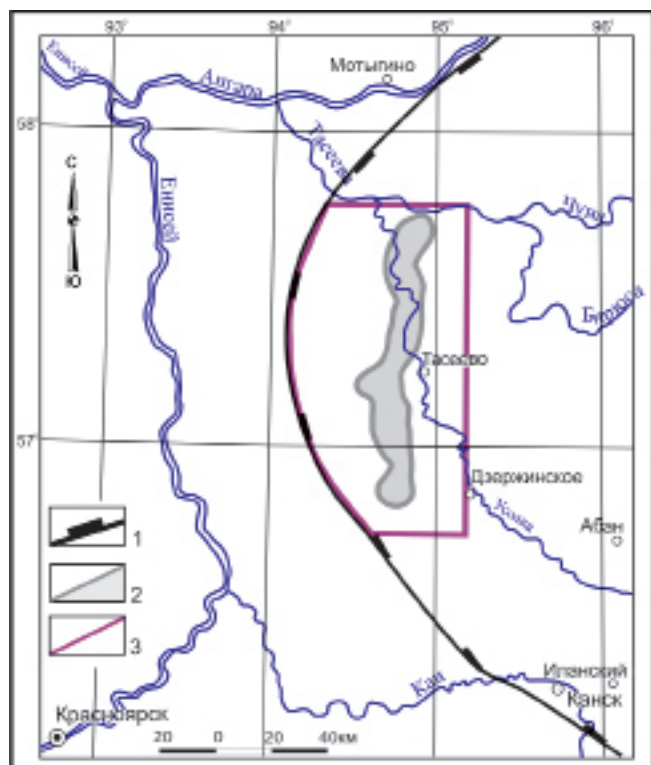
**Keywords:** Cis-Sayan-Yenisei syncline, Taseevsky block, potential gas content, Vendian petroleum play, Cambrian petroleum play, localised gas resources.

DOI 10.20403/2078-0575-2017-1-12-29

Тасеевский участок охватывает западное окончание Присяно-Енисейской синеклизы на границе с архей-раннепротерозойским Канским массивом Енисейского края. Площадь участка около 1000 км<sup>2</sup> в административном делении, это основная часть Тасеевского района Красноярского края. В географическом плане участок охватывает большую часть бассейна р. Усолка левого притока р. Тасеева (рис. 1). Западное окончание Присяно-Енисейской синеклизы включает субмеридиональный Троицко-Михайловский вал и структуры его обрамления.

Осадочный чехол тасеевской части Присяно-Енисейской синеклизы составляют толщи рифея, венда, палеозоя и мезозоя. На Тасеевском участке скважинами изучен разрез палеозоя и мезозоя. Весь разрез чехла вскрыт в Чунской скв. 1, расположенной в 100 км восточнее Тасеевского участка.

Рифей, возможно, составлен карбонатными и глинисто-карбонатными породами общей мощностью 2000–1500 м. Нижний венд выделен в тасеевскую серию чередования пластов и пачек песчаников, алевролитов и аргиллитов (снизу вверх: але-



**Рис. 1.** Обзорная схема расположения Тасеевского участка

1 – граница Присяно-Енисейской синеклизы; 2 – Троицко-Михайловский вал; 3 – контур Тасеевского участка

шинская, чистяковская, мошакская и редколесная свиты) общей мощностью 400–750 м. Верхний венд сложен карбонатными породами мощностью 300–400 м. Выше находится вскрытая скважинами толща чередования мощных соленосных и более тонких карбонатных свит и подсвит нижнего кембрия (усольская, бельская, булайская и ангарская свиты). Общая мощность соленосно-карбонатного кембрия составляет 2100–2300 м. Средний и верхний кембрий сложены терригенными породами и мергелями верхоленской свиты мощностью 550–950 м. Верхняя часть свиты на западе территории обычно размыта. Вышележащая терригенная толща ордовика сохранилась восточнее Троицко-Михайловского вала. Мощность ее достигает 900–1500 м. Образования девона, карбона и перми распространены локально и залегают с размывом на отложениях кембрия и докембрия. Мезозой представлен юрскими терригенными породами, расположенными на толщах палеозоя и протерозоя.

Комплекс геофизических работ, проведенных в последние годы (сейсморазведка, электроразведка МТЗ и ЗСБ, детальная гравиметрия), позволил существенно уточнить строение Тасеевского участка, особенно в его соленосной и в подсолевой частях (нижний кембрий – венд). Комплексная обработка и интерпретация всех геофизических данных, выполненная в СНИИГГиМС, послужила основой для выделения сети основных разломов, границ и типа соленосных структур, стратификации геофизических границ и прогноза литологии подсолевых горизон-

тов, зон развития коллекторов в осадочном чехле, а также позволила обосновать и выделить локальные участки, представляющие интерес для обнаружения скоплений УВ [3]. Информативность геофизических материалов иллюстрируется разрезами по профилю 530108 (рис. 2). В результате этих работ появилась возможность дать оценку локализованных ресурсов газа для двух резервуаров (песчаники редколесной свиты в вендском и нижнебельские доломиты в кембрийском НГК).

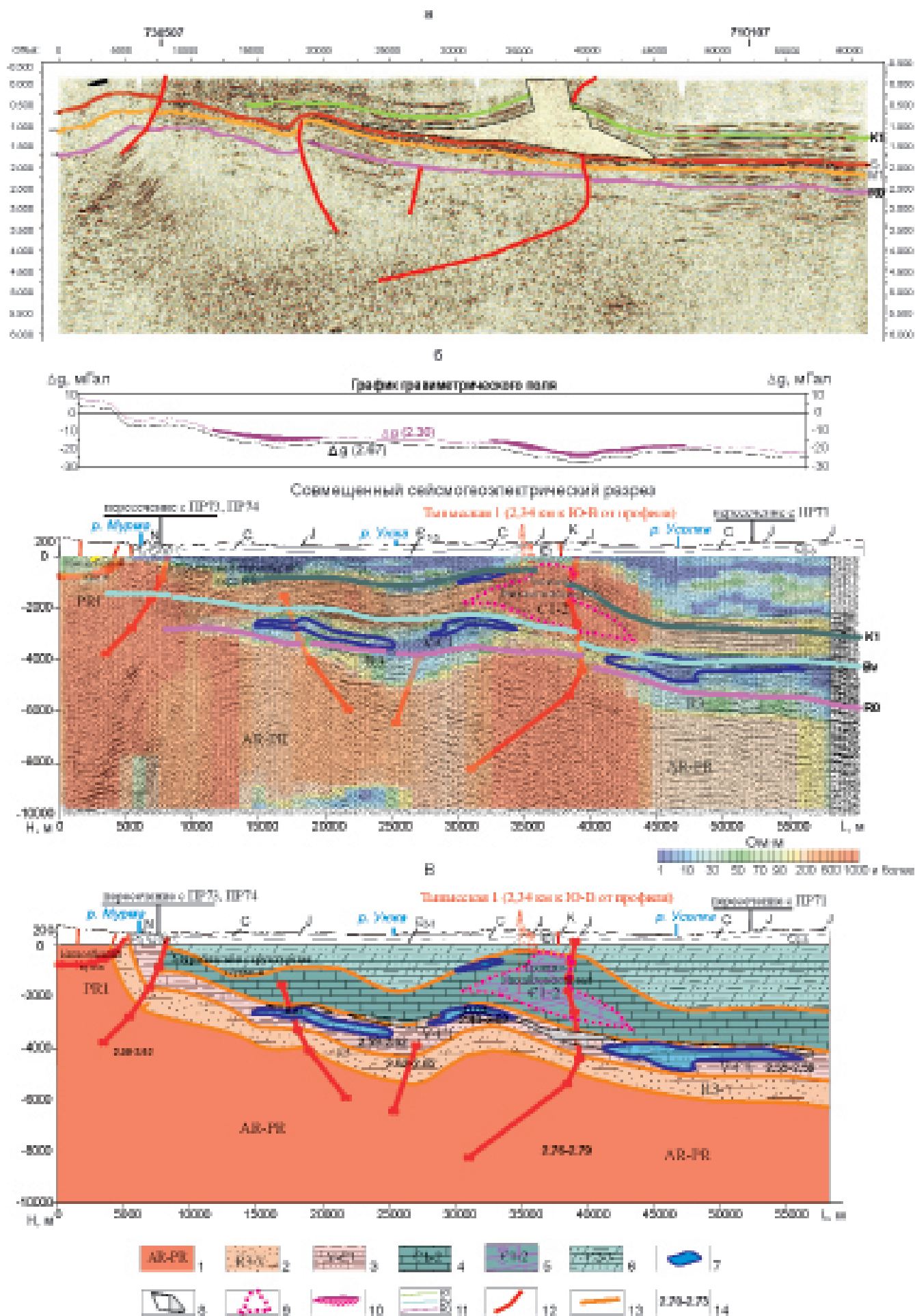
В подсолевой части разреза между отражающими горизонтами (ОГ) Б и Ro фиксируется выдержанность структурных планов. Структуры, проявленные по подошве кембрия (ОГ Б) (рис. 3), сквозные. Они отражены в строении венда. Поэтому в структурном плане Тасеевского участка по кровле редколесной свиты (ОГ М) выделены те же объекты: Богучано-Манзинский выступ и Долгомостовская впадина на востоке, Троицко-Михайловский вал и Усолкинский прогиб в центре, зона блоков и Канский массив Енисейского кряжа на западе (см. рис. 3).

Троицко-Михайловский вал выделен по результатам бурения колонковых и глубоких скважин при геолого-разведочных работах на калийные соли и, главное, на нефть и газ. Пробуренные скважины показали, что это соляной вал, охватывающий соленосно-карбонатные толщи кембрия. Подсолевые интервалы разреза скважинами не вскрыты.

В подсолевых отложениях венда Троицко-Михайловский вал оконтурен сейсморазведкой. Вал имеет ширину от 8 до 16 км, длину 110 км, вытянут в меридиональном направлении. Его западное крыло оканчивается на отметках от –3250 до –4950 м, восточное – на отметках –4000 м. В контуре вала выявлены (с севера на юг) Солнечная, Троицко-Сутягинская брахиантиклинали, Тынысский и Караульнинский купола. Все поднятия образуют ловушки структурного типа, частично ограниченные дизъюнктивными экранами. По оси вала проходит разрывное нарушение. Поэтому в подошве кембрия и в венде проявился Троицко-Михайловский приразломный вал (см. рис. 3). Восточное крыло вала часто опущено по разлому. По данным сейсморазведки амплитуда вала составляет первые сотни метров.

В Предканской зоне блоков на границе с Усолкинским прогибом выделена Западно-Тынысская брахиантиклиналь с дизъюнктивным ограничением западного склона.

Одна структура (Тасеевская) выявлена на юго-западном окончании Богучано-Манзинского выступа, где он граничит с Троицко-Михайловским валом. Это типично платформенная брахиантиклиналь. На сейсмических разрезах ее амплитуда не превышает 10–15 мс, в общем плане это терраса. Но в колонковых скважинах, пробуренных на Тынысской, Мурминской и Троицкой площадях, зафиксировано уменьшение в восточном направлении толщин юры, перми, карбона, которое с запада подходит







**Рис. 2.** Сейсмический (а), сейсмогеоэлектрический (б) и геолого-геофизический (в) разрезы Троицко-Михайловской площади по профилю 530108

1 – метаморфическо-кристаллические образования Енисейского кряжа (погребенные и выходящие в эрозионный срез); 2 – отложения рифея, представленные переслаиванием карбонатов, алевролитов, аргиллитов; 3 – отложения венда, представленные в нижней части песчаниками и алевролитами, в верхней части – породами глинисто-сульфатно-карбонатного состава; 4 – галогенно-карбонатные отложения нижнего – среднего кембрия; 5 – соляные вал и диапир; 6 – отложения терригенно-мергельной красноцветной формации среднего – верхнего кембрия; 7 – прогнозируемые ловушки УВ по данным электроразведки; 8 – зоны разуплотнения; 9 – контур соляного вала и диапира по данным электроразведки; 10 – контуры восстановленных аномалий гравиметрического поля; 11 – отражающие горизонты; 12 – тектонические нарушения по данным сейсморазведки; 13 – геоэлектрические границы; 14 – плотность пород, г/см<sup>3</sup>

к территории структуры. Иначе говоря, ожидается уменьшение толщин ВЧР с малыми интервальными скоростями. Поэтому на карте глубин кровли редколесной свиты венда здесь отражена брахиантиклиналь амплитудой до 50–100 м.

В вышележащей кембрийской части разреза проявился соляной вал, осложненный соляным диапиром. На структурной карте по кровле нижнебельской подсвиты Троицко-Михайловский вал представляет собой соляной диапировый вал (рис. 4). Диапир проходит по оси вала, разрывая разрез нижнего – верхнего кембрия. Ширина диапира на валу 1,5–5 км длина 115 км. Его борта ограничены дизъюнктивами. Диапир заполнен соленосными перемятыми и перемещенными породами верхнеусольской подсвиты. Перемещение соленосной толщи произошло с западного склона Троицко-Михайловского вала и с востока Усолкинского прогиба. На поперечных разрезах ОГТ перемещенные соленосные породы верхнеусольской подсвиты образуют 2–4-кратный раздув, образуя соляной вал. Так, раздув верхнеусольской соленосной толщи в Тынысской скв. 1 составил более 1896 м. Вверх из раздува выходит соленосный диапировый разрыв, расширяющийся близ дневной поверхности. В результате породы кембрия в интервале бельской – верхоленской свит подняты к дизъюнктивам, ограничивающим диапир с запада и востока. Подъем кембрийских пород к западу от диапира достигает 500–1500 м, к востоку он менее амплитудный – 500–1000 м. Поэтому Троицко-Михайловский вал в толще кембрия рассматривается как соляной диапировый вал [3].

### Ловушки газа на Тасеевском участке

Наличие сквозных структур дало основание принять модель частичного наложения площадей ловушек углеводородов в редколесной свите и нижнебельской подсвите (см. рис. 3, 4). Поэтому далее рассмотрены локальные площади, большинство которых включает две ловушки: одну в редколесной свите венда, вторую – в нижнебельской подсвите кембрия (Солнечная, Троицко-Сулягинская, Тынысская, Караульнинская площади на Троицко-Михайловском валу и Тасеевская площадь восточнее вала). Кроме этих площадей показаны Канарайская площадь с ловушкой в нижнебельской подсвите на юге вала (здесь нет ловушки в вендском НГК) и Западно-Тынысская площадь с ловушкой в вендском

НГК (кембрийский НГК находится на глубинах 1000–1500 м в зоне выщелачивания солей в экранирующих покрывках).

*Солнечная площадь* охватывает северную периклиналь Троицко-Михайловского вала. Здесь по трем сейсмическим профилям выявлено наличие двух ловушек – в песчаниках редколесной свиты венда и в карбонатах нижнебельской подсвиты кембрия (рис. 5).

Ловушка в песчаниках редколесной свиты венда структурного типа: брахиантиклиналь, вытянутая в субмеридиональном направлении, ее длина 18 км, ширина до 8 км, высота до 200 м, площадь (по замкнутым изогипсам –4800 и –4850 м) 117 км<sup>2</sup>. Южная периклиналь ловушки обрезана субширотным сбросом амплитудой до 80 м. По оси структуры проходит взброс, поднято западное крыло, амплитуда подъема до 100 м (см. рис. 5, а, б).

Ловушка в доломитах нижнебельской подсвиты кембрия структурная, сложная, находится над соляным валом, разорвана соляным диапиром (см. рис. 5, в, г). Соляной вал и диапир сложены перемещенными сюда и перемятыми солями и доломитами верхнеусольской подсвиты кембрия. Высота соляного вала до 2000–2200 м, ширина на Солнечной площади до 9–11 км. Ось вала находится над взбросом, прослеженным в подсолевых вендских и нижнекембрийских породах (см. рис. 5). Подсолевой приразломный вал в венде и соляной диапировый вал в кембрии территориально близки.

На западном склоне соляного вала породы нижнебельской подсвиты залегают обычно под углом 25°, местами круче или положе. Восточный склон вала более пологий, углы наклона пород колеблются около 10°. Такие большие углы наклона карбонатов ограничивают ширину ловушки в нижнебельской подсвите, которая на западном крыле по изогипсе –1600 м достигает 3–4 км, на восточном по изогипсе –1600 м – 0,5–2 км. Общая площадь ловушки оценена в 73 км<sup>2</sup> по изогипсе –1600 м кровли подсвиты. Длина ловушки по этой изогипсе 14 км. Южное ограничение ловушки принято по тому же субширотному сбросу, который ограничивает ловушку в редколесной свите венда. Высота ловушки на западном склоне соляного вала достигает 650 м, на восточном склоне – 250 м. Обычно такого типа ловушки отличаются сложным распределением залежей углеводородов. Газоносность таких ловушек

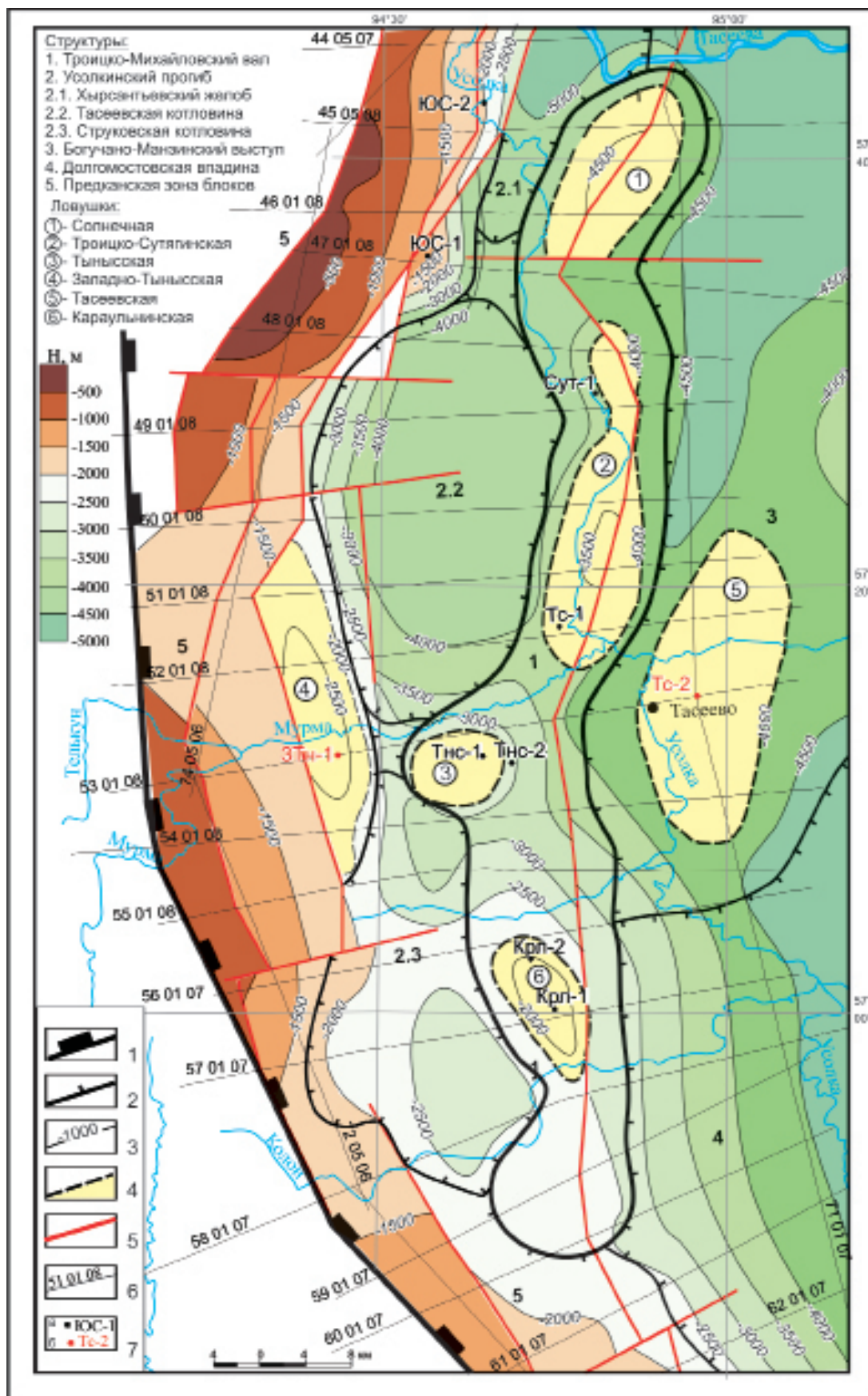
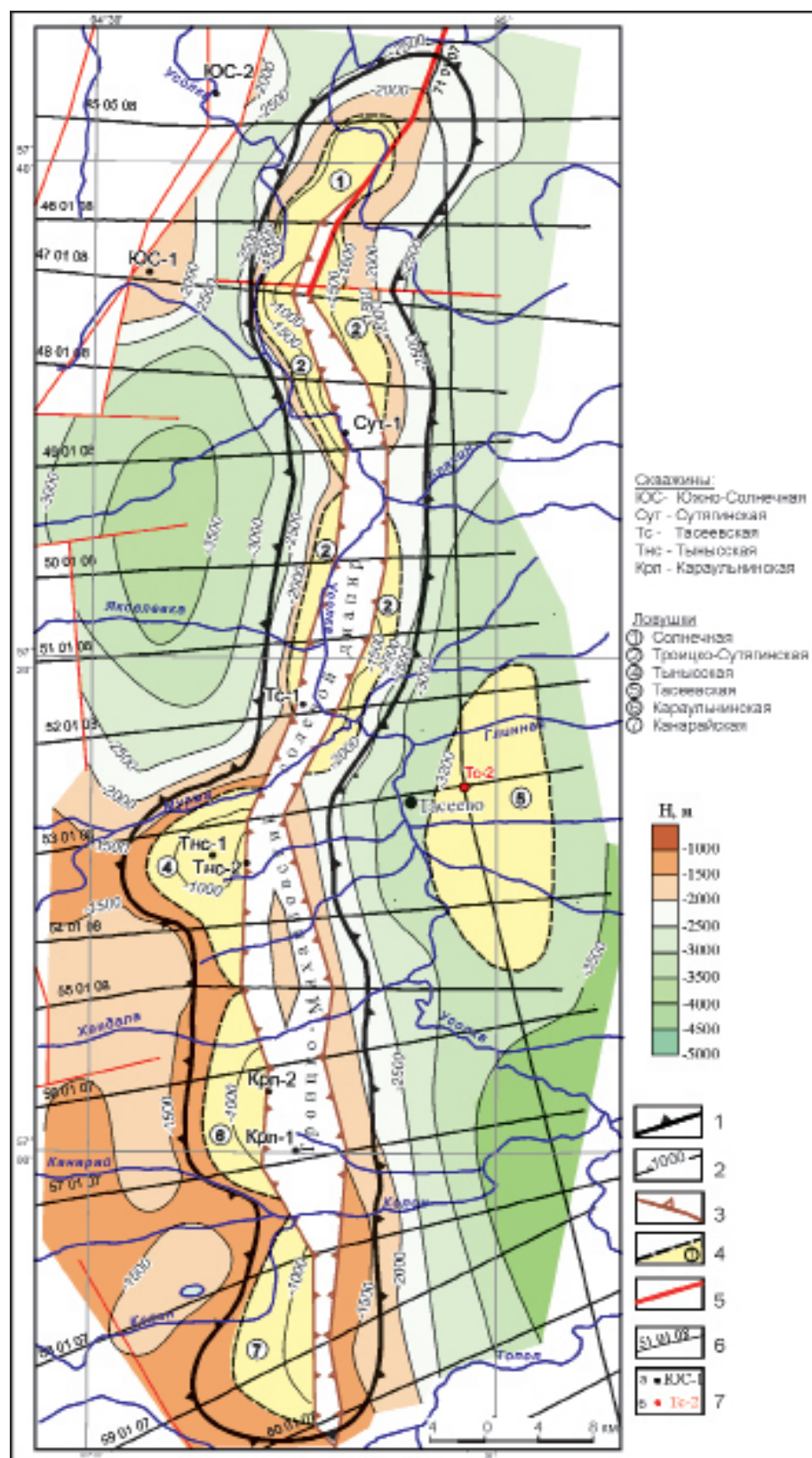


Рис. 3. Ловушки УВ на структурной карте по кровле редколесной свиты венда. Тасеевский участок Присяжно-Енисейской синеклизы

Границы: 1 – Присяжно-Енисейской синеклизы, 2 – структур I и II порядков; 3 – изогипсы кровли редколесной свиты; 4 – контуры ловушек; 5 – дизъюнктивы; 6 – сейсмические профили 2006–2008 гг.; 7 – скважины пробуренные (а), предлагаемые (б)





**Рис. 4.** Ловушки УВ на структурной карте по кровле нижнебельской подсвиты кембрия. Тасеевский участок Присаяно-Енисейской синеклизы

1 – контур Троице-Михайловского вала; 2 – изогипсы кровли нижнебельской свиты; 3 – контур соляного диапира по кровле нижнебельской свиты; 4 – контуры ловушек; 5 – дизъюнктивы; 6 – сейсмические профили 2006–2008 гг.; 7 – скважины пробуренные (а), предлагаемые (б)

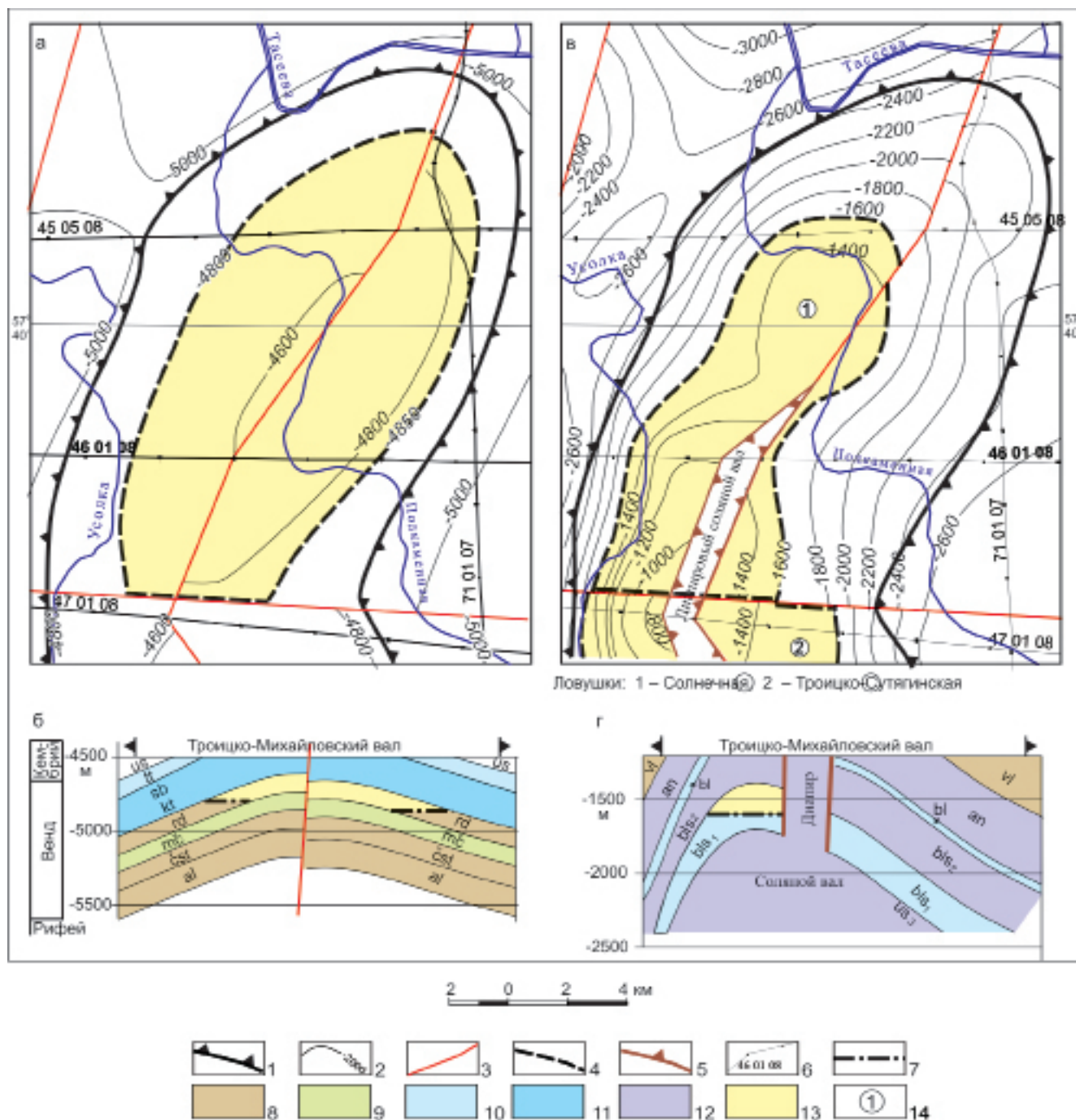
можно изучать попутно при исследовании отложений венда.

Троице-Сутягинская площадь находится южнее Солнечной площади и охватывает продолжение Троице-Михайловского вала. На площади выявлены две ловушки в тех же стратиграфических подразделениях (в редколесной свите венда и в нижнебельской подсвите кембрия). Троице-Сутягин-

ская площадь включает 37 км меридионального продолжения Троице-Михайловского вала (рис. 6). Ширина вала 10–11 км. Ловушки на площади выявлены по шести субширотным профилям МОГТ (см. рис. 3, 4, 6).

Ловушка в песчаниках редколесной свиты венда структурного типа – брахиантиклиналь длиной 31 км и шириной 3–8 км (см. рис. 6, а, б). Узкая часть ловуш-



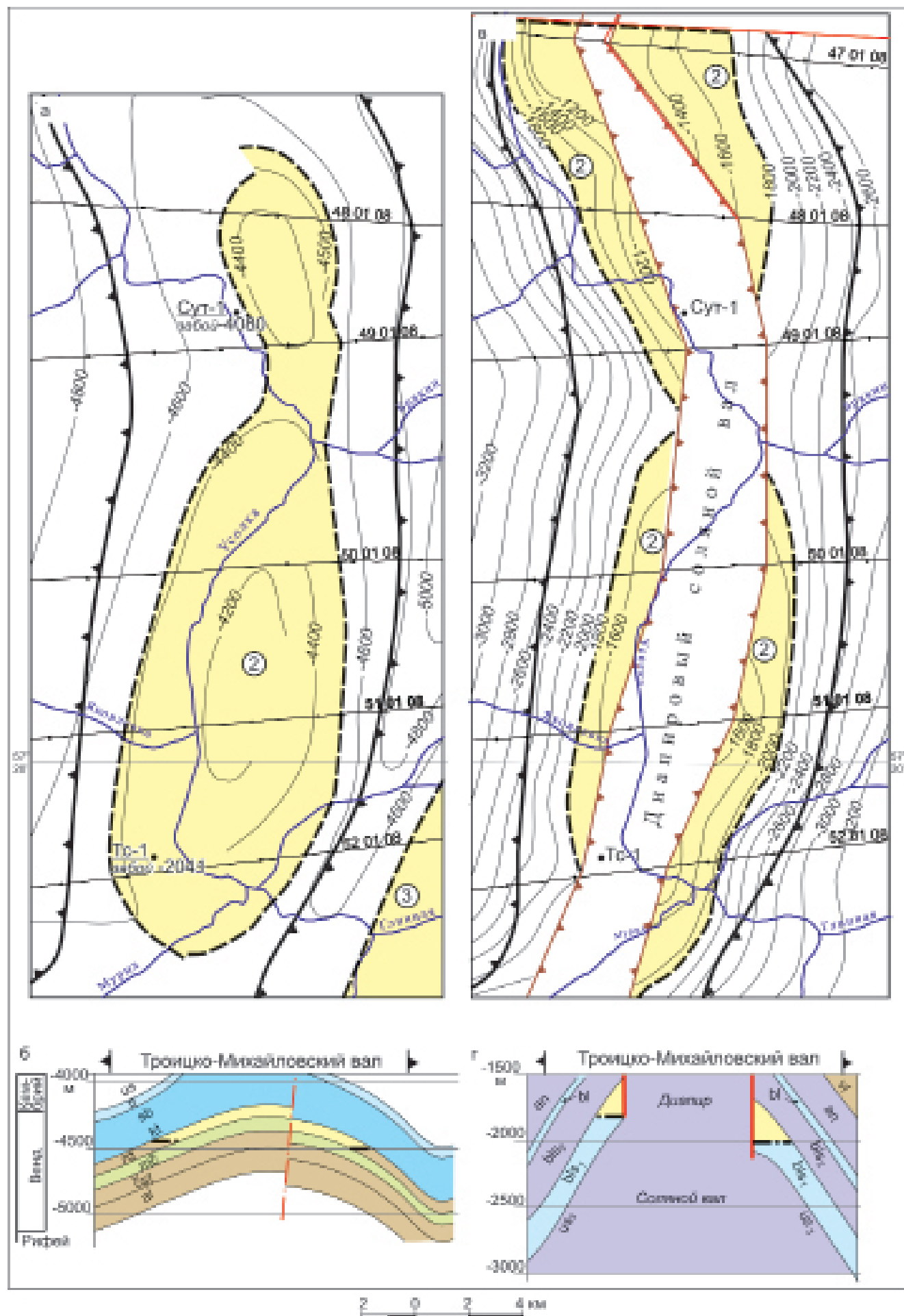


**Рис. 5.** Ловушки на Солнечной площади Троицко-Михайловского вала: в редколесной свите венда (а – структурная карта по кровле редколесной свиты, б – разрез венда по профилю 460108); в нижнебельской подсвите кембрия (в – структурная карта по кровле нижнебельской свиты, г – разрез кембрия по профилю 460108)

1 – контур Троицко-Михайловского вала; 2 – изогипсы; 3 – дизъюнктивы; 4 – контур ловушки; 5 – контур соляного диапира по кровле нижнебельской подсвиты; 6 – сейсмические профили; 7 – ГVK; литологический состав свит: 8 – терригенные, 9 – глинисто-карбонатные, 10 – карбонатные, 11 – сульфатонесные, 12 – соленосные, 13 – проектное газовое насыщение; 14 – выявленные ловушки (2 – Троицко-Сутягинская, 3 – Тасеевская); свиты венда: al – алешинская, čst – чистяковская, mc – мошаковская, rd – редколесная, kt – катангская, sb – собинская, tt – тэтэрская; свиты кембрия: us – усьская, bls – бельская, bl – булайская, an – ангарская, vl – верхоленская

**Рис. 6.** Ловушка на Троицко-Сутягинской площади Троицко-Михайловского вала в редколесной свите венда (а – структурная карта по кровле редколесной свиты, б – разрез венда по профилю 510108) и в нижнебельской подсвите кембрия (в – структурная карта по кровле нижнебельской подсвиты, г – разрез кембрия по профилю 510108)

Ловушки: 2 – Троицко-Сутягинская, 3 – Тасеевская; остальные усл. обозн. см. на рис. 5



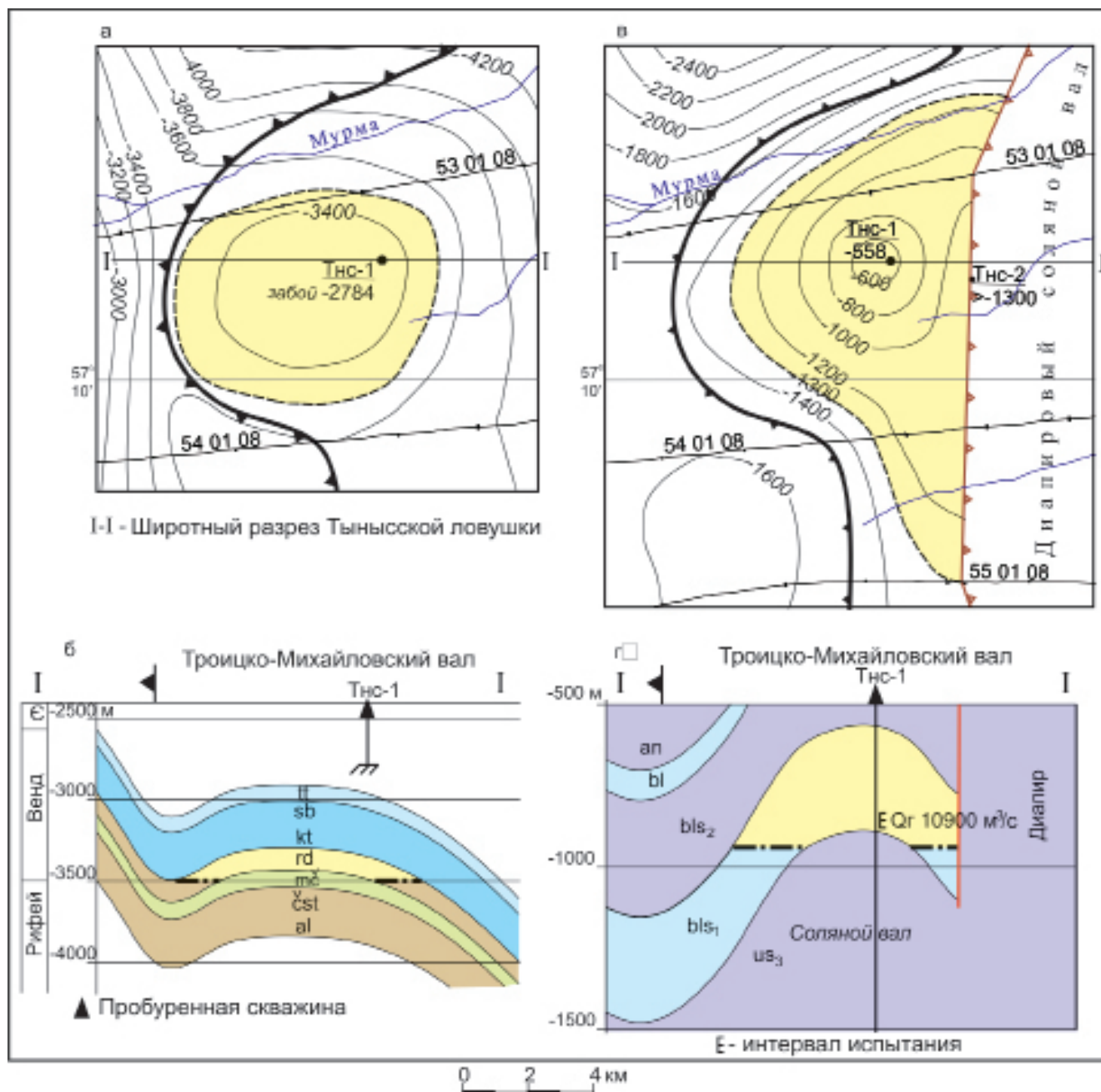


Рис. 7. Ловушки на Тынской площади Троицко-Михайловского вала в редколесной свите венда (а – структурная карта по кровле редколесной свиты, б – широтный разрез венда) и в нижневельской подсвите кембрия (в – структурная карта по кровле нижневельской подсвиты, г – широтный разрез вельской свиты)

Усл. обозн. см. на рис. 5

ки (3–4 км) находится в северной (Сутягинской) части вала. Высота ловушки в южной части около 200 м, в северной (узкой) – до 70 м. Площадь ловушки – 160 км<sup>2</sup>. По восточному крылу антиклинали проходит взброс. Западная основная часть ловушки поднята на 100 м (см. рис. 6, а, б). Прогнозный ГВК принят на изогипсе –4450 м на основной западной части ловушки и –4510 м на восточной части за взбросом.

Ловушка в доломитах нижневельской подсвиты, вероятно, содержит четыре залежи (см. рис. 6, в, г). Залежи разделены соляным диапировым валом, проходящим по осевой части ловушки, на западном и восточном склонах которого находятся по две залежи.

Диапир прорывает отложения кембрия по осевой части соляного вала. Ширина диапира меняется от 1,2 до 4,0 км, высота достигает 2200 м. Соли диапира являются субвертикальными экранами, а вместе с изгибами изогипс кровли подсвиты образуют дизъюнктивно ограниченные ловушки углеводородов. Наклон крыльев на обоих склонах соляного вала примерно близок (250–400 м/км склона). Суммарная площадь Троицко-Сутягинских ловушек в нижневельской подсвите кембрия составляет 105 км<sup>2</sup> по замкнутым изогипсам –1800 м на западном и –2050 м на восточном склонах. Высота ловушек меняется от 300 до 450 м, ширина от 1,5 до 4,0 км. Ловушки следует изучать попутно.





**Тынысская площадь** выделена на седловине, разделяющей Тасеевскую и Струковскую котловины Усолкинского прогиба (см. рис. 3). На площади ловушки находятся в редколесной свите и в нижнебельской подсвите кембрия (рис. 7).

Ловушка в песчаниках редколесной свиты венда охватывает купол размером 8×6,5 км, площадью 44 км<sup>2</sup>, амплитудой до 200 м. Ловушка пересечена двумя субширотными сейсмопрофилями (см. рис. 7, а, б) и замыкается по изогипсе –3500 м по кровле редколесной свиты.

Ловушка в доломитах нижнебельской подсвиты также охватывает купол, но с востока он обрезан диапиром, в результате восточная приразломная часть ловушки увеличена в меридиональном направлении до 15 км (см. рис. 7, в). На вершине ловушки в 1957–1958 гг. пробурена скв. Тнс-1, в которой испытана нижняя часть нижнебельской подсвиты и получен приток газа дебитом 10900–11900 м<sup>3</sup>/сут (см. рис. 7, г) [5, 6]. Газоносность ловушки доказана. Площадь ловушки по изогипсе –1300 м составляет 65 км<sup>2</sup>.

**Караульнинская площадь** находится южнее Тынынской на Троицко-Михайловском валу. Здесь выявлены две ловушки: в песчаниках редколесной свиты венда и в доломитах нижнебельской подсвиты кембрия (рис. 8).

Ловушка в песчаниках редколесной свиты занимает южное окончание приразломного вала, установленного в разрезах низов кембрия – венда. По изогипсе –2550 м ее размеры 13,5×6 км. Это, видимо, купол амплитудой более 200 м и площадью 65 км<sup>2</sup>, обрезанный с востока сбросом амплитудой до 700 м (см. рис. 8, а, б).

Ловушка в доломитах нижнебельской подсвиты кембрия находится за западным бортом диапира. Это структурный мыс, ограниченный с востока соленосными породами диапира. Размер мыса 15×4 км, амплитуда 300 м, площадь 37 км<sup>2</sup> по изогипсе –1250 м контура мыса.

**Канарайская площадь** находится на южном окончании соляного диапира. В кембрийской части Троицко-Михайловского вала выявлена ловушка в нижнебельской подсвите кембрия. В отложениях венда приразломной ловушки нет, породы венда и низов кембрия наклонены в восточном направлении (см. рис. 8, г).

Ловушка в доломитах нижнебельской подсвиты кембрия находится на западе от соляного диапира (см. рис. 8, в, г). Это структурный мыс южнее Караульнинской ловушки (см. рис. 8, в). Размеры Канарайской ловушки 15×6 км, амплитуда до 300 м, площадь 63 км<sup>2</sup>. Ловушка оконтурена по изогипсе –1250 по кровле нижнебельской подсвиты.

Описанные ловушки выявлены на Троицко-Михайловском валу. Следующие ловушки находятся в Тасеевском участке вне вала.

**Тасеевская площадь** находится восточнее Троицко-Михайловского вала на юго-западном окон-

чании Богучано-Манзинского выступа (см. рис. 3), в редколесной свите венда и в нижнебельской подсвите кембрия. Обе ловушки платформенные, малоамплитудные (рис. 9).

Ловушка в песчаниках редколесной свиты венда пологая, на западе отделена от Троицко-Михайловского вала узким прогибом глубиной до 50–100 м. Размеры ловушки по замкнутой изогипсе –4500 м по кровле редколесной свиты составляют по меридиану 95° в длину 27 км, в ширину 21 км, амплитуда до 50 м, площадь 244 км<sup>2</sup> (см. рис. 9, а, б). Ловушка оконтурена по четырем широтным сейсмическим профилям и одному меридиональному. В контуре ловушки находится пос. Тасеево.

Ловушка в карбонатах нижнебельской подсвиты меньше по размерам, она почти вся находится внутри площади ловушки в редколесной свите. Размеры определены по изогипсе –3200 м, длина по меридиану 23 км, ширина до 9,5 км, амплитуда достигает 60–70 м, площадь 164 км<sup>2</sup> (см. рис. 9, в, г). Ловушка выявлена по трем широтным профилям и одному меридиональному. Предлагается передать ее под поисковые работы.

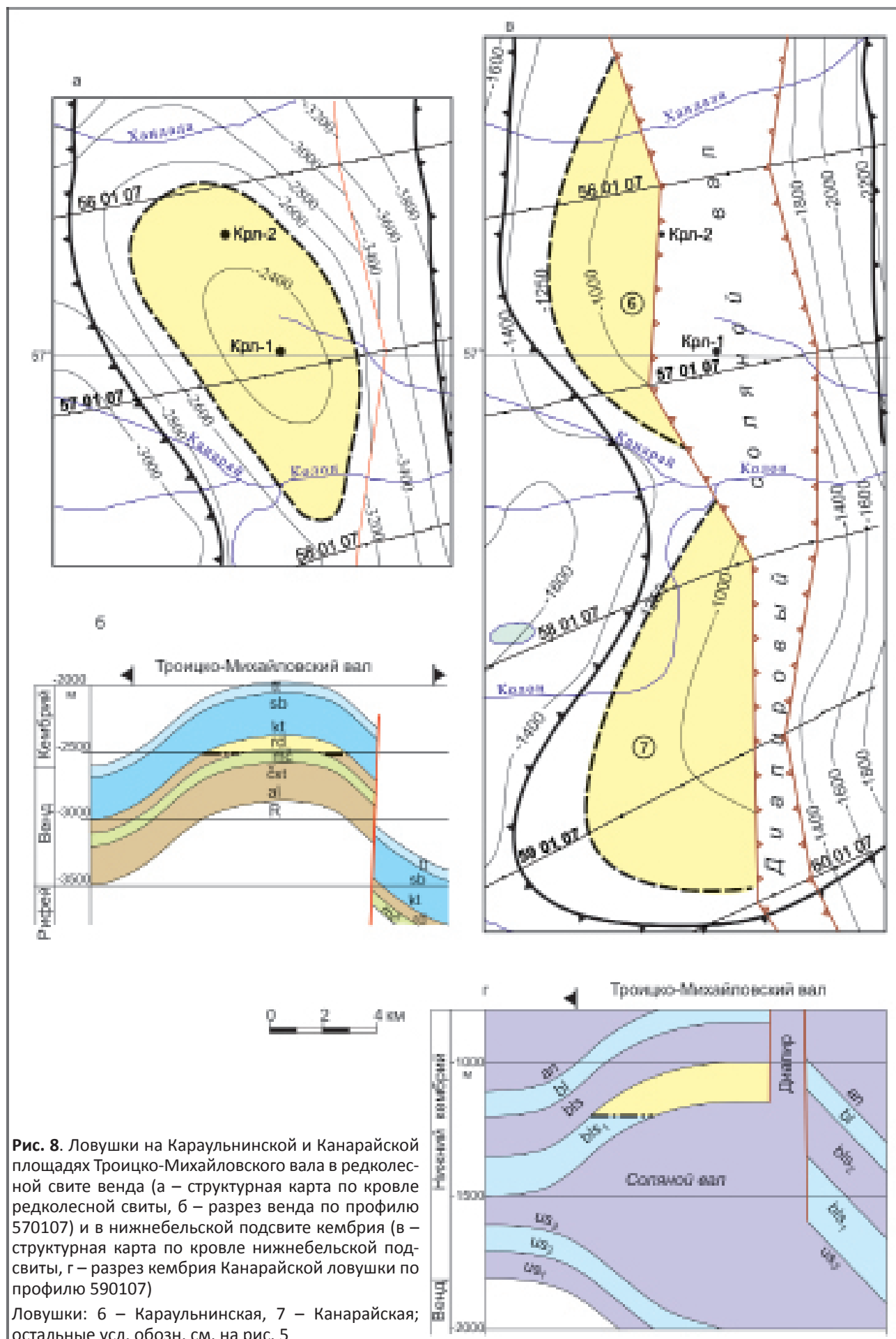
**Западно-Тынысская площадь** находится западнее Тынынской площади в Предканской зоне блоков (см. рис. 3). Для последней характерны дизъюнктивы и амплитудные складки с крутыми крыльями. Размеры блоков различаются; ОГ на сейсмических разрезах фиксируются только в крупных блоках, в которых, видимо, сохраняются основные особенности геологического строения чехла. В числе таких объектов на пяти сейсмопрофилях проявилась Западно-Тынысская брахиантклиналь, которую удалось оконтурить как выявленную ловушку (рис. 10).

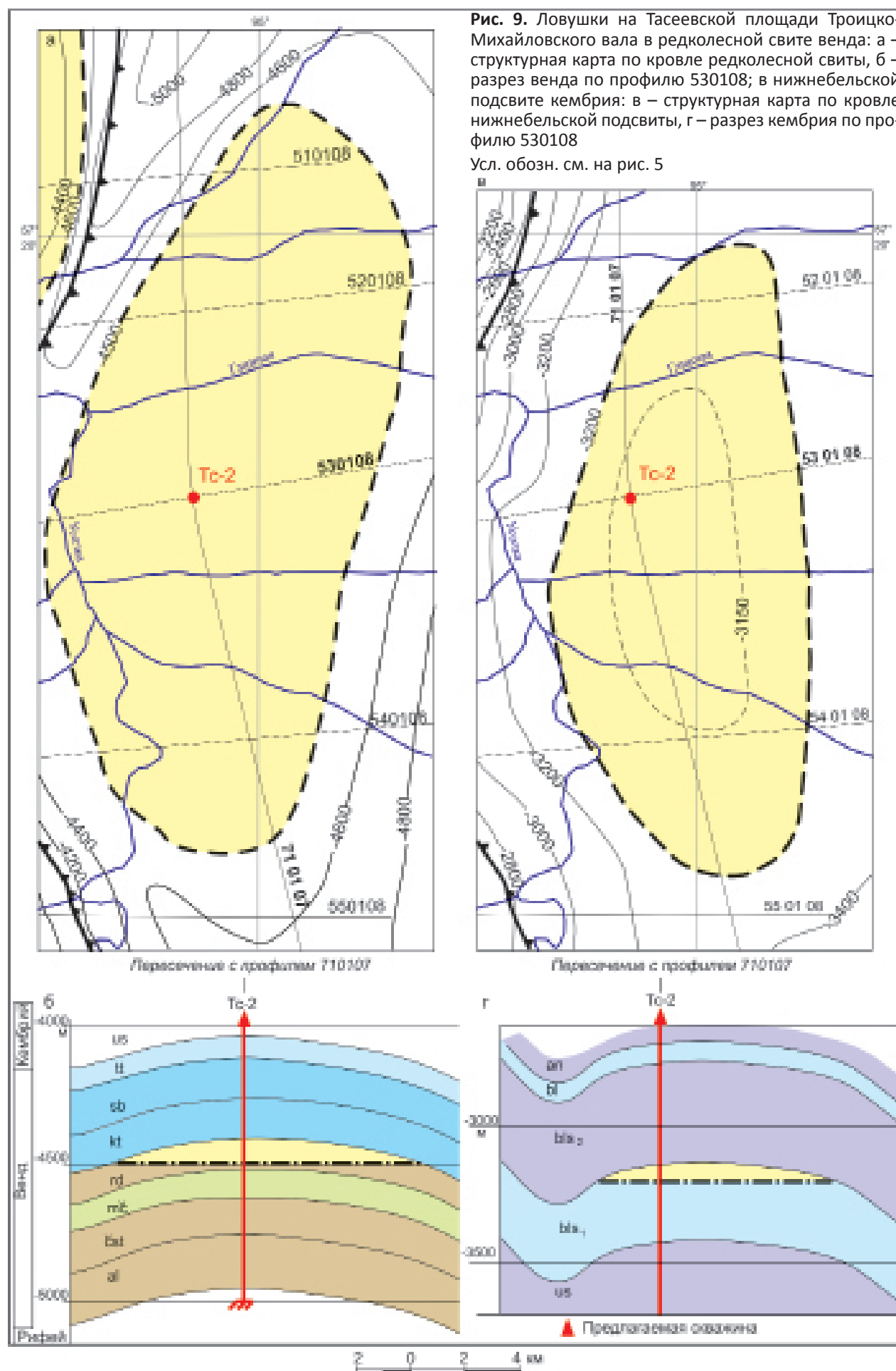
Западно-Тынысская ловушка выделена только в редколесной свите венда. Соленосно-карбонатный кембрий на этой площади находится на отметках до 1500 м, а подошва верхнебельской подсвиты – на отметках меньше 300–500 м. На этих отметках соли обычно выщелочены, покрывка у нижнебельского коллектора отсутствует. Поэтому не следует выделять перспективные ловушки в кембрийском НГК.

Западно-Тынысская ловушка в песчаниках редколесной свиты венда по кровле редколесной свиты находится на отметках от –1800 до –2800 м. По замкнутой отметке кровли подсвиты –2500 м длина ловушки 30 км, ширина около 5 км, амплитуда 700 м. Это меридионально вытянутая брахиантклиналь, ограниченная дизъюнктивами на западном крыле и погружением свыше 1200 м на восточном крыле (см. рис. 10, а, б). Площадь ловушки по изогипсе –2500 м составляет 128 км<sup>2</sup>.

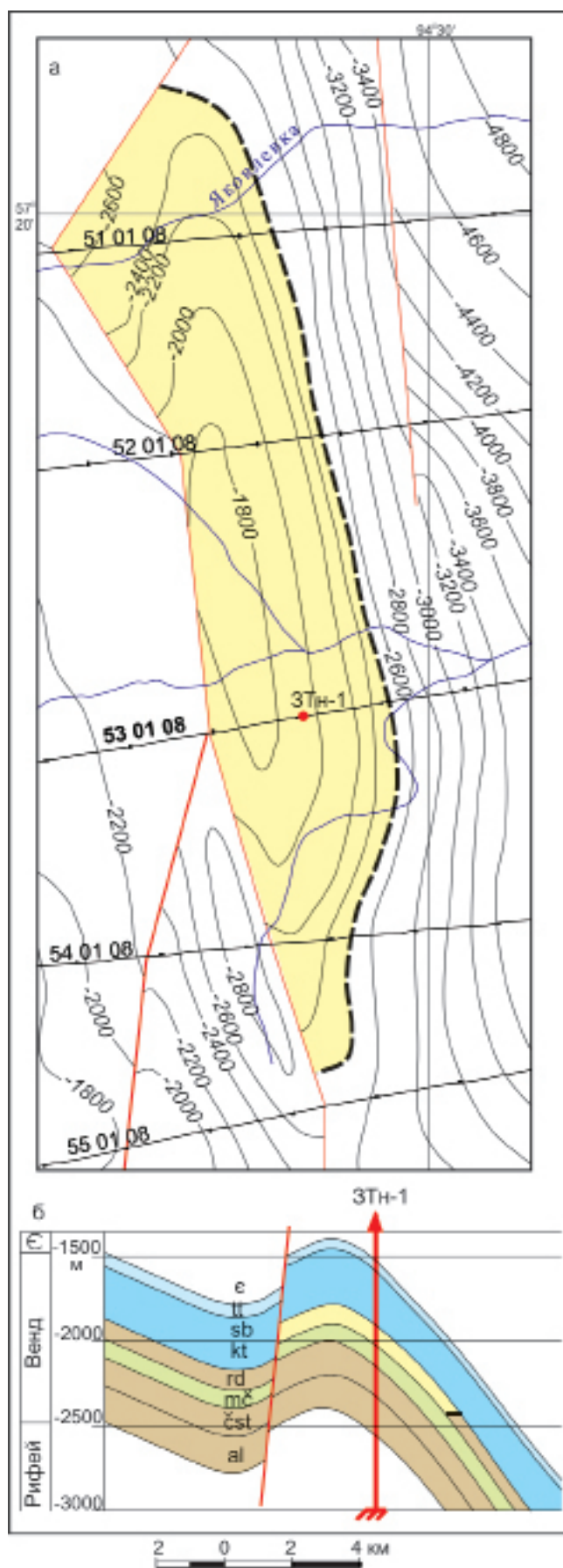
Редкое расположение сейсмопрофилей позволяет допустить наличие малоамплитудных дизъюнктивов между профилями.

Всего на Тасеевском участке выделено семь площадок распространения ловушек в редколес-









**Рис. 10.** Западно-Тынысская выявленная ловушка в редколесной свите венда: а – структурная карта по кровле редколесной свиты, б – разрез венда по профилю 530108. Усл. обозн. см. на рис. 5

ной свите венда и нижнебельской подсвите кембрия. Крупные ловушки площадью свыше 100 км<sup>2</sup> находятся в венде (три ловушки) и в кембрии (две ловушки); самая крупная в венде Тасеевская ловушка (244 км<sup>2</sup>) крупная и в кембрии (164 км<sup>2</sup>), она наиболее перспективна для возобновления поискового нефтегазопроискового бурения на Тасеевском участке.

### Перспективы газоносности

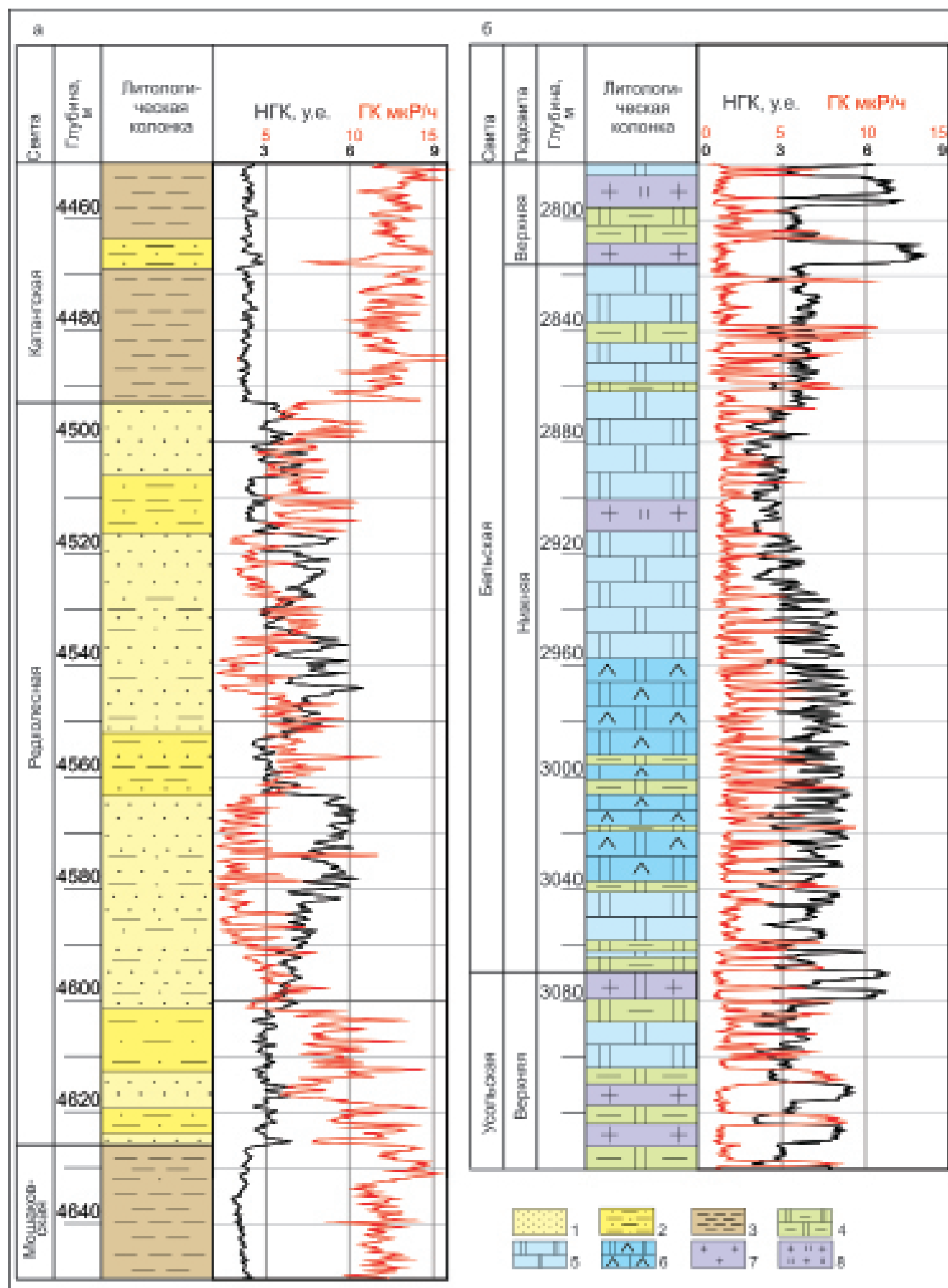
Оценки ресурсов УВ в Присяно-Енисейской НГО выполнены по четырем нефтегазоносным комплексам (НГК) – рифейскому, вендскому, верхневендско-нижнекембрийскому и кембрийскому. Около 80 % ресурсов УВ отнесено к вендскому НГК. Месторождений нефти и газа в области не открыто, но обнаружены газопроявления, битуминозность, пленки, выпоты нефти, асфальт в кембрийском карбонатном керне колонковых скважин (скв. 39, 41, 59) и в обнажениях пород по берегам рр. Тасеева и Усолка. Из трещиноватых известняков и доломитов нижнебельской подсвиты получен приток газа в опорной скв. Тнс-1 (дебит 11,9 тыс. м<sup>3</sup>/сут.) и в колонковой скв. 16 [6].

Перспективность вендских толщ подтверждена притоками и запасами газа на Абаканском и Имбинском месторождениях, открытых северо-восточнее Тасеевского участка в Ангарской зоне складок, которая по дуге продолжает зону блоков Присяно-Енисейской синеклизы.

Основным объектом на поиски газа на Тасеевском участке является Троицко-Михайловский вал.

В Присяно-Енисейской синеклизе в ресурсах преобладают углеводородные газы [4]. Поэтому для Тасеевского участка дана оценка только газа. Результаты бурения в XX в. и полученная в 2008 г. волновая картина на сейсмопрофилях позволяют дать оценку локализованных ресурсов в двух возможно газоносных горизонтах – в нижнебельских карбонатах кембрийского НГК и в песчаниках редколесной свиты вендского НГК. В этих возможно газоносных горизонтах разреза чехла наиболее вероятно повсеместное распространение коллекторов, перекрытие их покрышками, наличие структурных ловушек и дизъюнктивных экранов. В разрезе, видимо, перспективны другие уровни. Так, в кембрийском НГК возможно перспективна карбонатная булайская свита. В верхневендско-нижнекембрийском НГК присутствуют и, вероятно, газоносны осинский горизонт кембрия, усть-кутский и преображенский карбонатные горизонты верхнего венда. В вендском НГК вероятно распространение газонасыщенных пластов песчаников в алешиной, чистяковской, мошакской и редколесной свитах тасеевской серии. Мощность редколесной свиты превышает 180 м на Южно-Солнечной площади [1] и 140 м в Чунской скв. 1 (рис. 11, а).

В нижнебельской подсвите кембрия преобладает тонкое чередование слоев доломитов



**Рис. 11.** Принятые для Тасеевского района типовые разрезы редколесной свиты венда (а) и нижнебельской подсвиты кембрия (б) по Чунской скв. 1

1 – песчаники; 2 – алевролиты; 3 – аргиллиты; 4 – доломиты глинистые; 5 – доломиты; 6 – доломиты (известняки) ангидритовые; 7 – галиты; 8 – доломиты засоленные



и сульфатных доломитов. Пачки чистых доломитов, возможных коллекторов, находятся в основании и верхней половине подсвиты (см. рис. 11, б). На участке распространены породы рифея, карбонатные толщи которого тоже перспективны. Пока нет возможности дать оценку ресурсов в перечисленных интервалах разреза, поэтому далее выполнен расчет локализованных ресурсов газа в песчаниках редколесной свиты венда и в карбонатах нижнебельской подсвиты кембрия.

#### **Вендский нефтегазоносный комплекс. Редколесный возможно газоносный резервуар**

Продуктивность вендского НГК связана с редколесной, мошаконской, чистяковской и алешинской свитами тасеевской серии. На сейсмических разрезах ОГТ волновое поле вендского НГК слабо дифференцировано. Удовлетворительно проявляется ОГ М, принята его привязка к кровле терригенного венда, она совпадает с кровлей редколесной свиты. Такое строение волнового поля не позволяет построить модель распространения возможно продуктивных пластов в мошаконской, чистяковской и алешинской свитах венда. Ресурсы этих уровней нужно относить к категории  $D_2$ , и они не учитываются при оценке локализованных ресурсов в настоящей статье.

Приведем вариант оценки локализованных ресурсов категории  $D_1$  только в песчаниках редколесной свиты венда на основе параметров для открытых залежей на ближайших Имбинском и Абаканском газоконденсатных месторождениях, находящихся на западе Ангарской зоны складок близ границы с северо-западной частью Присаяно-Енисейской синеклизы. Вариант оценки ресурсов газа в пределах Тасеевского участка по параметрам Имбинского и Абаканского месторождений следует рассматривать как наиболее достоверный по имеющейся геолого-геофизической информации.

*Редколесный резервуар* продуктивен на Имбинском месторождении. В скв. Имб-2 при испытании в колонне из этого пласта получен приток горючего газа со свободным дебитом 353,6 тыс.  $m^3$ /сут, а на штуцере 6 мм – 77,8 тыс.  $m^3$ /сут.

На Абаканском газовом месторождении в редколесной свите выделен продуктивный пласт, представленный песчаниками кварцевыми, кварцполевошпатовыми, тонко-мелкозернистыми, массивными, с прослоями алевролитов. По результатам ГИС общая пористость достигает 13,8 %. Коллектор классифицируется как поровый, порово-трещинный. В колонне пласт испытан в скв. Аб-1, получен приток газа дебитом 1390 тыс.  $m^3$ /сут. Тип залежи пластовый.

На западе Присаяно-Енисейской синеклизы редколесный резервуар песчаников вскрыт Чунской скв. 1 (см. рис. 11). Испытания песчаников не проводились.

Таблица 1

Перспективные ловушки в вендском НГК

Выявленные ловушки	ГВК ловушек (редколесная свита), м
1. Солнечная	–4850
2. Троицко-Сутягинская	–4450
3. Тынысская	–3500
4. Караульнинская	–2550
5. Тасеевская	–4500
6. Западно-Тынысская	–2500

Приведем подсчет локализованных ресурсов газа в редколесном резервуаре венда.

Коэффициент заполнения ловушек, по аналогии с Абаканским месторождением, принят равным единице, ГВК ловушек ожидается на отметках от –2500 м до –4850 м (табл. 1).

Для подсчета ресурсов газа использована формула

$$V_r = S_r H_{эф} m_0 \beta_r \left[ (P_{пл} a) / 0,1 \right] t,$$

где  $V_r$  – прогнозные геологические ресурсы газа, млн  $m^3$ ;  $S_r$  – площадь газонасности,  $km^2$ ;  $H_{эф}$  – эффективная газонасыщенная толщина, м;  $m_0$  – коэффициент открытой пористости, доли ед.;  $\beta_r$  – коэффициент газонасыщенности пласта, доли ед.;  $P_{пл}$  – начальное пластовое давление залежи, МПа;  $a$  – поправка на отклонение от идеальных газов (от закона Бойля – Мариотта), в начале разработки определяется экспериментально;  $t$  – температурная поправка, доли ед.

Значения параметров  $m_0$ ,  $\beta_r$  взяты по аналогии с таковыми для Абаканского месторождения. Коэффициент открытой пористости на Абаканском месторождении составляет 0,10.

Пластовые давления оценены в соответствии с отметками газоводяных контактов прогнозных залежей.

Значения температурной поправки и поправки за отклонение свойств реальных газов от закона Бойля – Мариотта рассчитывались по соответствующим номограммам исходя из конкретных принимаемых  $t_{пл}^0$  и  $P_{пл}$  [2].

Средняя мощность редколесной свиты по трем Абаканским скважинам равна 28 м, эффективная газонасыщенная толщина в среднем 11,1 м (40 % от общей мощности свиты). В юго-западном направлении от Абаканского месторождения до 70 м увеличивается мощность редколесной свиты в Верхнеманзинской скв. 1. В юго-восточном направлении от Троицко-Михайловского вала пробурена Чунская скв. 1, где мощность редколесной свиты составила 134 м. Поэтому прогнозируемая мощность редколесной свиты в Тасеевском районе принята минимально равной 70 м. С учетом процентной зависимости эффективных толщин от мощности свиты сделано предположение, что эффективная мощность составит в среднем 28 м.





Таблица 2

Оценка прогнозных ресурсов газа категории  $D_{1\text{лок}}$  в ловушках в вендском НГК Тасеевского района

Площадь ловушки, км <sup>2</sup>	Эффективная толщина коллектора	Коэффициент пористости	Коэффициент газонасыщенности	Пластовое давление, МПа	Поправка		Ресурсы газа, млрд м <sup>3</sup>
					на температуру, °С	на отклонение	
Солнечная							
117	28	0,10	0,70	53,5	0,8	1,03	100
Троицко-Сутягинская							
160	28	0,10	0,70	49,5	0,81	1,03	130
Западно-Тынысская							
128	28	0,10	0,70	29	0,89	1,04	70
Тынысская							
44	28	0,10	0,70	37	0,86	1,04	30
Тасеевская							
244	28	0,10	0,70	50	0,81	1,03	200
Караульнинская							
65	28	0,10	0,70	35	0,87	1,04	40

Примечание. Подсчитанные ресурсы газа составляют 570 млрд м<sup>3</sup>.

Коэффициент газонасыщенности принят по аналогии с Абаканским месторождением – в пределах 0,65–0,75.

Прогнозные геологические ресурсы газа  $D_{1\text{лок}}$  в вендском НГК оценены в 570 млрд м<sup>3</sup> (табл. 2).

Следует подчеркнуть, что наличие благоприятных факторов (литологическая выдержанность, значительная мощность, структурный тип ловушек, удовлетворительные ФЕС, наличие зональных покровов в верхнем венде и регионального (усольского) флюидопора в подошве кембрия делают редколесный зональный резервуар одним из наиболее перспективных объектов на предмет обнаружения залежей газа в рассматриваемом Тасеевском участке Присяно-Енисейской синеклизы. Осложняющий фактор – большие отметки ГВК у трех основных ловушек (см. табл. 1).

#### Кембрийский нефтегазоносный комплекс.

##### Нижнебельский возможно газонасыщенный резервуар

В кембрийском НГК продуктивные горизонты находятся в межселевых карбонатных частях разреза нижнего кембрия. При подсчете ресурсов УВ наибольшее внимание уделяется христофоровскому и атовскому горизонтам, расположенным в основании и кровле нижнебельской подсвиты. Они включают газовые и газоконденсатные залежи, приуроченные к зонам перетоков УВ из нижележащих отложений.

По данным Г. Д. Назимкова на сопредельных территориях (Нижнеангарский СНГР) на Беряmbинской площади в скв. 1 из нижней части нижнебельской подсвиты при испытании в эксплуатационной колонне получен приток газа с газоконденсатом дебитом 657 тыс. м<sup>3</sup>/сут на шайбе 20 мм. Дебит дегазированного конденсата составил 39,4 м<sup>3</sup>/сут. Породы коллекторы представлены переслаиванием известняков и доломитов, часто ангидритизиро-

ванных и засоленных. По данным лабораторных исследований открытая пористость в среднем варьирует от 0,07 до 6,32 %, достигая 23,95–26,20 %, газопроницаемость в большинстве случаев менее 0,01 мД, редко 66,2 мД.

В результате подъема кембрийских пород к краям диапира сформировались тектонически экранированные ловушки с наклонным моноклинальным залеганием карбонатов нижнебельской подсвиты и вышележащих толщ кембрия. В карбонатных толщах образовались ловушки, экранированные соленосными породами диапира и соленосными свитами кембрия (верхнебельская подсвита, ангарская свиты). В нижнебельской подсвите на Тасеевском участке выявлены Солнечная, Троицко-Сутягинская, Тынысская, Караульнинская и Канарайская ловушки. Они разорваны и ограничены соленосными толщами диапира. Амплитуды ловушек составляют 500–600 м. Запечатаны они солями диапира, что позволяет ожидать сохранность залежей газа.

Восточнее за пределами вала выявлена Тасеевская структурная ловушка. Она оконтурена по изогипсе –3200 м по кровле нижнебельской подсвиты. Амплитуда ловушки около 100 м, площадь до 164 км<sup>2</sup>.

По аналогии с Беряmbинским месторождением во всех ловушках предполагаются трещинно-поровые слабопроницаемые коллекторы, что подтверждается полученным небольшим дебитом газа в Тынысской скважине. Таким образом, в нижнебельской подсвите вала можно прогнозировать газонасыщенные горизонты с коллекторами порово-кавернового и трещинно-кавернового типов.

При подсчете ресурсов газа значения эффективной толщины коллектора, коэффициенты пористости и газонасыщенности были взяты по аналогии с Беряmbинским месторождением (табл. 3).



Таблица 3

Оценка прогнозных ресурсов газа категории D<sub>1лок</sub> на Тасеевском участке в кембрийском НГК

Площадь ловушки, км <sup>2</sup>	Эффективная толщина коллектора	Коэффициент пористости	Коэффициент газонасыщенности	Пластовое давление, МПа	Поправка		Ресурсы газа, млрд м <sup>3</sup>
					на температуру, °С	на отклонение	
Солнечная							
59	58	0,028	0,9	23	0,927	1,03	20
Троицко-Сутягинская							
106	58	0,028	0,9	23	0,940	1,03	30
Тынысская							
66	58	0,028	0,9	20	0,954	1,03	20
Тасеевская							
164	58	0,028	0,9	39	0,873	1,02	90
Караульнинская							
37	58	0,028	0,9	20	0,954	1,03	10
Канарайская							
63	58	0,028	0,9	20	0,954	1,03	20

Примечание. Подсчитанные ресурсы газа категории D<sub>1лок</sub> в ловушках нижнебельской подсвиты Тасеевского участка составили 190 млрд м<sup>3</sup>.

На Беряμβинском месторождении при мощности нижнебельской подсвиты 400 м эффективная толщина коллектора составила 76,7 м. Соответственно, на Тасеевском участке при средней мощности нижнебельской подсвиты 300 м эффективная толщина коллектора принята равной 58 м. Судя по рис. 11, коллектор находится в верхней части нижнебельской подсвиты.

Ресурсы газа по двум горизонтам оценены в 760 млрд м<sup>3</sup>. Такая оценка позволяет начать новый цикл геолого-разведочных работ на Тасеевском участке Присаяно-Енисейской нефтегазоносной области. На участке есть сеть дорог, поселков, районный центр – необходимая инфраструктура для проведения поисковых геологических и геофизических работ.

### Выводы

В предыдущих разделах охарактеризованы выявленные ловушки газа по результатам бурения и, главное, сейсморазведочных работ.

Приведенная характеристика позволяет выделить на Тасеевском участке два наиболее перспективных объекта – Восточно-Тынысскую, (Тасеевскую) брахиантиклиналь и Западно-Тынысскую дизъюнктивно ограниченную с запада брахиантиклиналь (см. рис. 3, 4).

Наибольшая плотность ресурсов (80 млрд м<sup>3</sup>) прогнозируется на Тасеевской брахиантиклинали. Этот объект является первоочередным для возобновления поисковых геолого-разведочных работ. Площадь структурной ловушки 244 км<sup>2</sup>. Возможно ее продолжение в северо-северо-восточном направлении, но сейсмических данных нет. Несколько настораживает глубина нахождения редколесного возможно газоносного горизонта – 4700 м (с учетом рельефа).

Второй перспективный объект – Западно-Тынысский, где в редколесной свите выявлена струк-

турная с дизъюнктивным ограничением Западно-Тынысская ловушка. В последней возможный ГВК в редколесной свите прогнозируется на глубине 2800 м, а в наиболее приподнятой центральной части ловушки глубина кровли свиты уменьшается до 2000 м. Но есть непредсказуемый фактор – синклиналь с дизъюнктивом, ограничивающая ловушку с запада.

Следует проанализировать обе ловушки (Западно-Тынысскую и Тасеевскую) на возможность уточнения места заложения параметрических скважин для уверенного выставления их на аукцион. Основная задача параметрических скважин – определить размещение возможно продуктивных карбонатных и песчаниковых пачек, пластов в кембрийском, верхневендско-нижнекембрийском и вендском НГК. Распространение песчаников на участке прогнозируется по волновой картине на широтных профилях ОГТ.

Основные задачи ГРП на объектах следующие:

- определить эффективные толщины выявленных песчаников для оценки ресурсов газа в газоносных комплексах;

- установить распределение по вендскому, верхневендско-нижнекембрийскому и кембрийскому НГК флюидов (нефти, газа) для оценки запасов УВ;

- уточнить геологическую модель Троицко-Михайловского вала в вендском НГК и диапирового осложнения вала в кембрийском НГК, подготовить ловушки углеводородов к поисковым работам;

- открыть залежи углеводородов в Присаяно-Енисейской НГО.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабинцев А. Ф. Редколесная свита нижнеангарского фациального района как перспективный на нефть и газ объект изучения // Геология и минераль-



ные ресурсы Центральной Сибири. Вып. 3. – Красноярск: КНИИГиМС, 2002. – С. 160–178.

2. Мелик-Пашаев В. С. Методика разведки нефтяных месторождений. – М.: Недра, 1968. – 183 с.

3. Мельников Н. В., Ефимов А. С., Беспечный В. Н. Троицко-Михайловский соляной диапировый вал в кембрийской толще на западе Присаяно-Енисейской синеклизы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири Новосибирск. – 2016. – № 1(25). – С. 26–35.

4. Нефтематеринские формации, нефти и газы докембрия и нижнего – среднего кембрия Сибирской платформы / Т. К. Баженова, М. В. Дахнова, Т. П. Жеглова и др. – М.: ВНИГНИ, 2014. – 128 с.

5. Сулимов И. Н. Присаяно-Енисейский догерцинский краевой прогиб. – Л.: Недра, 1970. – 248 с.

6. Фукс Б. А. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности западной части Канско-Тасеевской впадины // Геология и нефтегазоносность Восточной Сибири. – М.: Недра, 1966. – С. 77–91.

#### REFERENCES

1. Babintsev A.F. [The Redkolesnaya Formation of the Lower Angara facies region as a research target promising for oil and gas]. *Geologiya i mineral'nye*

*resursy Tsentral'noy Sibiri* [Geology and mineral resources of Central Siberia]. KNIIGiMS, 2002, issue 3, pp. 160–178. (In Russ.).

2. Melik-Pashaev V.S. *Metodika razvedki neftyanykh mestorozhdeniy* [Methods of oil fields exploration]. Moscow, Nedra Publ., 1968. 183 p. (In Russ.).

3. Melnikov N.V., Efimov A.S., Bespechnyy V.N. [The Cambrian Troitsko-Mikhaylovsky salt diapir in the west of the Cis-Sayan-Yenisei syncline]. *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri — Geology and Mineral Resources of Siberia*, Novosibirsk, 2016, no. 1 (25), pp. 26–35. (In Russ.).

4. Bazhenova T.K. Dakhnova M.V., Zheglova T.P., et al. *Neftematerinskie formatsii, nefti i gazy dokembriya i nizhnego-srednego kembriya Sibirskoy platformy* [Oil generation formations, oil and gas of the Precambrian and Lower-Middle Cambrian of the Siberian Platform]. Moscow, VNIGNI Publ., 2014. 128 p. (In Russ.).

5. Sulimov I.N. *Prisayano-Eniseyskiy dogertsinskiy kraevoy progib* [The pre-Hercynian Cis-Sayan-Yenisei foredeep]. Leningrad, Nedra Publ., 1970. 248 p. (In Russ.).

6. Fuks B.A. [Geological structure and petroleum potential of the western Kansko-Taseevskaya depression]. *Geologiya i neftegazonosnost' Vostochnoy Sibiri* [Geology and petroleum potential of Eastern Siberia]. Moscow, Nedra Publ., 1966, pp. 77–91. (In Russ.).

© Н. В. Мельников, А. С. Ефимов, Ю. А. Филиппов,  
Е. В. Смирнов, В. Н. Беспечный,  
Л. В. Медюхина, Е. Г. Наумова, 2017





УДК (552.2:552.51):551.762.31(571.16)

## ПЕТРОГРАФИЯ И КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА АЛЕВРИТО-ПЕСЧАНЫХ ПОРОД ГОРИЗОНТА Ю<sub>1</sub> (КЕЛЛОВЕЙ – ОКСФОРД) НА ЮГО-ВОСТОКЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

О. В. Бурлева, Л. Г. Вакуленко, О. В. Дульцева, П. А. Ян

Институт нефтяной геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск

Проведено детальное петрографическое и петрофизическое изучение алеврито-песчаных пород келловей-оксфордского горизонта Ю<sub>1</sub> на юго-востоке Западной Сибири. На основе обобщения результатов многолетних литологических исследований на территории распространения васюганской свиты и ее перехода в наунакскую установлены вертикальные и латеральные закономерности изменения состава алеврито-песчаных пород. Показано, что в юго-восточном направлении в составе обломочной части пород уменьшаются содержание кварца, возрастает – полевых шпатов и обломков пород, соответственно, зрелость пород в этом направлении уменьшается. Установлена прямая корреляция между минералогической и структурной зрелостью пород: с ростом доли кварца, как правило, улучшается окатанность обломочного материала и сортировка. Выполнен анализ связи коллекторских свойств с петрографическим составом изученных пород, установлены седиментационные и постседиментационные факторы, благоприятные для формирования пород-коллекторов с улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами. Так, для ряда месторождений на Каймысовском своде показано, что именно постседиментационные процессы, не имеющие регионального распространения, оказывают решающее влияние на формирование коллекторов.

**Ключевые слова:** литология, петрография, коллекторы, горизонт Ю<sub>1</sub>, верхняя юра, Западная Сибирь.

## PETROGRAPHY AND RESERVOIR PROPERTIES OF SILTY AND SANDY ROCKS OF HORIZON YU<sub>1</sub> (CALLOVIAN-OXFORDIAN) IN THE SOUTHEAST OF WESTERN SIBERIA

O. V. Burleva, L. G. Vakulenko, O. V. Dultseva, P. A. Yan

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk

The authors have done a detailed petrographic and petrophysical research on silty and sandy rocks of the Callovian-Oxfordian horizon Yu<sub>1</sub> in the southeast of Western Siberia. They summarised the results of previous lithological studies within the territory of the Vasyuganskaya Formation and its transition into the Naunakskaya Formation and established regularities of vertical and lateral changes in the silty and sandy rock composition. To the southeast, the quartz content decreases and the content of feldspars and rock fragments increases in the composition of fractured rocks, which indicates the decrease in maturity in this direction. A direct correlation was established between mineralogical and structural rock maturity: the rounding and sorting of fractured rocks usually rise with an increasing quartz part. The authors analysed the relationship between the reservoir properties and petrographic composition of the studied rocks, sedimentation and post-sedimentation factors favouring the formation of reservoir rocks with better reservoir properties were identified. Thus, for several fields at the Kaymysovskiy dome, the post-sedimentation processes without regional extension have a decisive impact on the formation of reservoirs.

**Keywords:** lithology, petrology, reservoirs, horizon YU<sub>1</sub>, Upper Jurassic, Western Siberia.

DOI 10.20403/2078-0575-2017-1-30-42

Продуктивный горизонт Ю<sub>1</sub> (келловей – оксфорд) является одним из основных объектов нефтегазопромысловых работ в Западной Сибири. Широкомасштабное изучение этого объекта началось еще в 1960-е гг. Однако полифазность горизонта, связанная с частой сменой условий формирования, обусловила его сложное строение с выклиниванием разных его частей и размытиями. Это, в свою очередь, привело к локальному развитию пород-коллекторов в ловушках неантиклинального типа. Наиболее значимые исследования состава и строения келловей-оксфордских отложений юго-востока Западной Сибири в разные годы были проведены В. Б. Белозеровым, Н. А. Брылиной, Т. И. Гуровой, А. В. Ежовой, Е. А. Жуковской, О. Г. Зариповым, Н. М. Недолико,

Г. Н. Перозио, Г. Э. Прозоровичем, Р. С. Сахибгареевым, З. Я. Сердюк, Л. С. Черновой и др. Несмотря на многочисленные публикации [2, 4, 5, 7, 9, 11, 12 и др.], существует ряд спорных вопросов, связанных в том числе с особенностями состава и постседиментационных изменений келловей-оксфордских отложений. Детальным исследованиям связи фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) пород-коллекторов с петрографическим составом также уделяется недостаточно внимания. Поступление новых материалов по слабо изученным территориям и обобщение всех данных позволяет дополнить и детализировать уже имеющиеся выводы о закономерностях распространения алеврито-песчаных пород с улучшенными коллекторскими свойствами, что может способ-



ствовать более эффективному проведению поисков и разведки залежей углеводородов.

Нефтегазоносный горизонт Ю<sub>1</sub> на юго-востоке Западно-Сибирского бассейна выделен в составе васюганской и наунакской свит и подразделяется на широко развитые алеврито-песчаные пласты Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>–Ю<sub>1</sub><sup>4</sup> и пласты Ю<sub>1</sub><sup>5</sup>, Ю<sub>1</sub><sup>6</sup> локального распространения [2, 10]. Кроме того, повсеместное развитие на рассматриваемой территории одного или нескольких пластов угля и/или углистого аргиллита позволяет расчленить горизонт Ю<sub>1</sub> на три толщи: подугольную (пласты Ю<sub>1</sub><sup>4</sup>, Ю<sub>1</sub><sup>3</sup>), межугольную и надугольную (пласты Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>, Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>) [2]. Региональным флюидоупором, имеющим в основном хорошее качество, служат глинистая и битуминозная карбонатно-глинисто-кремнистая георгиевская и бажендовская свиты кимеридж-волжского возраста.

Келловей-оксфордские отложения изучены нами по керну и материалам ГИС более 50 скважин (рис. 1) преимущественно в пределах Обь-Тарского фациального подрайона и Сильгинского района [6]. Исследование состава и структуры алеврито-песчаных пород проводилось с помощью оптической микроскопии (более 700 шлифов). Для некоторых скважин привлекались петрографические подсчеты, выполненные Т. П. Аксеновой (ИНГГ СО РАН). Определение состава глинистого вещества цемента выполнено Н. А. Пальчик (ИГМ СО РАН). Корреляция разрезов по данным ГИС проведена В. А. Казаненковым, С. А. Моисеевым, С. В. Рыжковой, М. А. Павловой (ИНГГ СО РАН), а также авторами.

### Строение и состав горизонта Ю<sub>1</sub>

На исследуемой территории в составе горизонта Ю<sub>1</sub> выделены подугольная, межугольная и надугольная толщи (рис. 2).

*Подугольная толща* имеет мощность от 6 до 22 м и представлена пластами Ю<sub>1</sub><sup>3</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>4</sup>, часто разделенными алеврито-глинистыми отложениями. Пласты сложены средне-мелко- и мелкозернистыми (рис. 3, а), реже среднезернистыми песчаниками. Часто наблюдается погрубление обломочного материала вверх по разрезу. Микроскопическое изучение показало, что для песчаников характерна средняя и хорошая, редко плохая сортировка обломочного материала. Состав обломочного материала преимущественно полевошпатово-литокластито-кварцевый. Содержание кварца колеблется от 28 до 43 %, иногда увеличивается в верхней части толщи до 47–53 %, полевых шпатов – от 14 до 29 %, обломков пород – от 20 до 32 %, слюд – от 1 до 5, редко 10 % (рис. 4). На некоторых площадях встречаются песчаники полевошпатово-кварцево-литокластитового типа (Приграничная скв. 5, Проточная скв. 6, Трайгородская скв. 5, Чебачья скв. 219). В них доля литокластов достигает 35–55 %, кварца – 28–34 %, полевых шпатов – 18–24 %.

Кварц бесцветный, прозрачный, отмечены включения слюды, вермикулитоподобного хлорита, рутила, анатаза и непрозрачные включения. Иногда

трещиноватый. Погасание нормальное и волнистое, реже проявлены блочность и мозаичность. В разрезах, приуроченных к отрицательным структурам, в краевых частях зерен кварца характерно наличие таких осложнений, как грануляция и бластез. Форма обломков кварца различная, преобладает полуокатанная и окатанная, реже хорошо окатанная, изометричная и слегка вытянутая.

Калиевые полевые шпаты обычно преобладают над плагиоклазами, в среднем их количество составляет около 24–26 и 4–10 % соответственно. Представлены калиевые полевые шпаты в основном ортоклазом, в разной степени измененным, реже неизмененным микроклином. Форма зерен полуокатанная, редко окатанная. Плагиоклазы имеют, как правило, кислый состав, спорадически встречаются единичные обломки средне-основного состава с зональным строением. Форма обломков преимущественно угловатая, длинно-, реже короткопризматическая с полисинтетическими двойниками, иногда ориентированными поперек удлинения.

Каркасные обломки пород (кварциты, обломки кремнистых пород, кислые эффузивы, алевролиты, гранитоиды, среди которых часто встречаются микропегматиты и мирмекиты) часто преобладают над пластичными (глинистые, кремнисто-глинистые, серицитизированные породы и разнообразные сланцы). Выявлено повышение доли пластичных обломков в более тонкозернистых породах, а каркасных – в более грубозернистых.

Слюда представлена преимущественно мусковитом, участками преобладает биотит, часто встречается хлорит. В целом в песчаниках отмечается низкое содержание слюд. Из аксессуарных минералов встречены коротко- и длиннопризматический циркон, реже турмалин, ильменит, магнетит, анатаз, игольчатой формы рутил, сфен, гранат, апатит, шпинель и пироксен(?). Характерно незначительное содержание цемента (от 2–5 до 10 %). В составе цемента присутствуют хлорит-гидролюдистый материал пленочно-порового типа, каолинит поровый (1–5 %), участками послойный сгустковый сидерит и поровый кальцит (1–2 %). Часто в породах отмечены аутигенный пирит (2–3 %) и органическое вещество (до 3–8 %), редко – аутигенный глауконит. Уровни кальцитизации маломощные, встречаются спорадически преимущественно в нижней, изредка в верхней части толщи. Исключение составляют Герасимовская и Трайгородская площади, где в указанной части разреза отмечены два – четыре уровня интенсивно карбонатизированных песчаников с содержанием разнокристаллического, преимущественно тонкокристаллического порово-базального кальцита до 40–60 %. Пористость таких пород составляет 1–8,2 %. В целом для песчаников подугольной толщи характерно увеличение открытой пористости вверх по разрезу от 9–11 до 25 %, проницаемости – от десятых долей до 300–403 мД. В составе песчаников в этом направлении часто наблюдается тренд на погрубле-



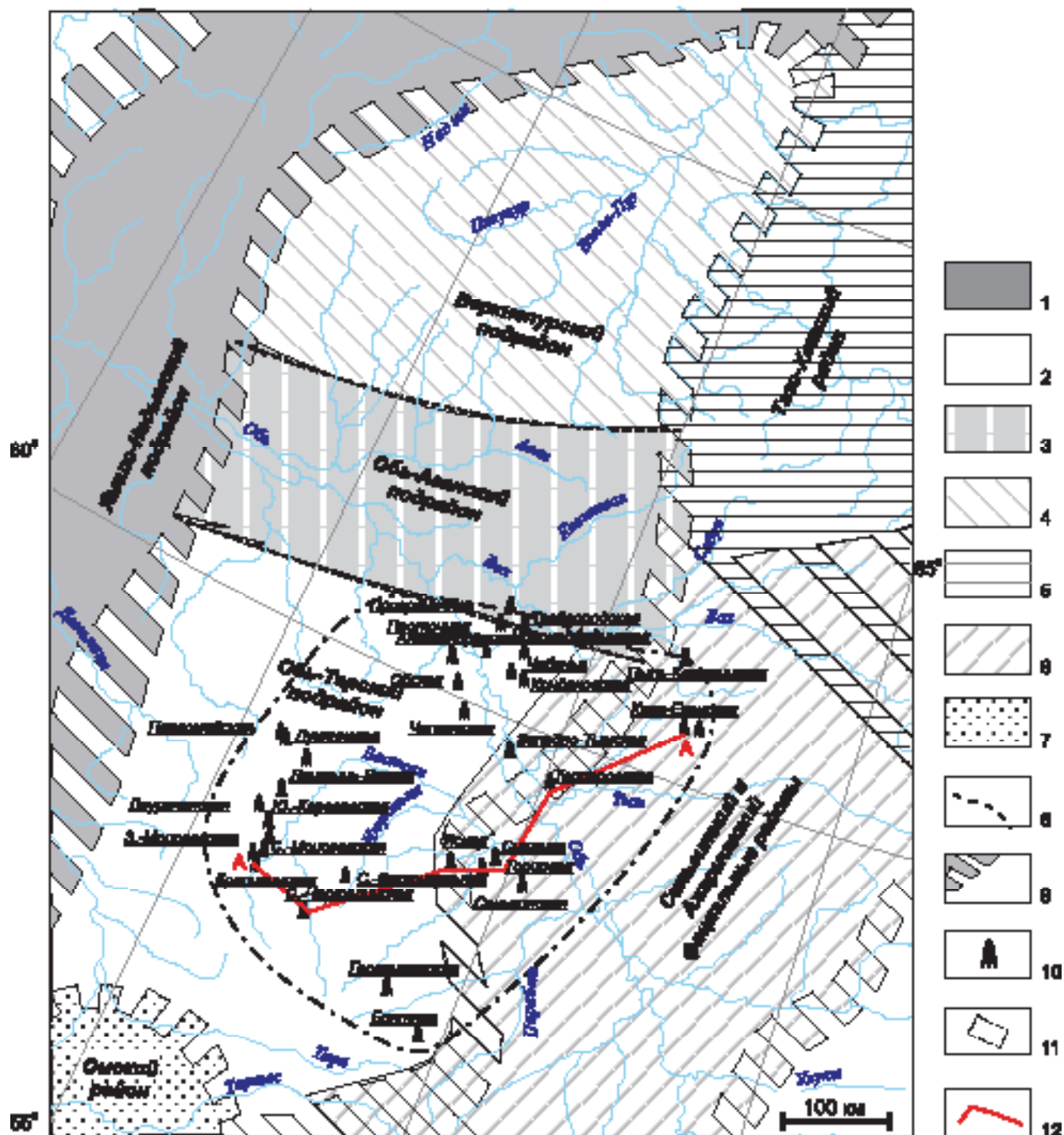


Рис. 1. Схема фациального районирования келловей-оксфордских отложений Западной Сибири [6]

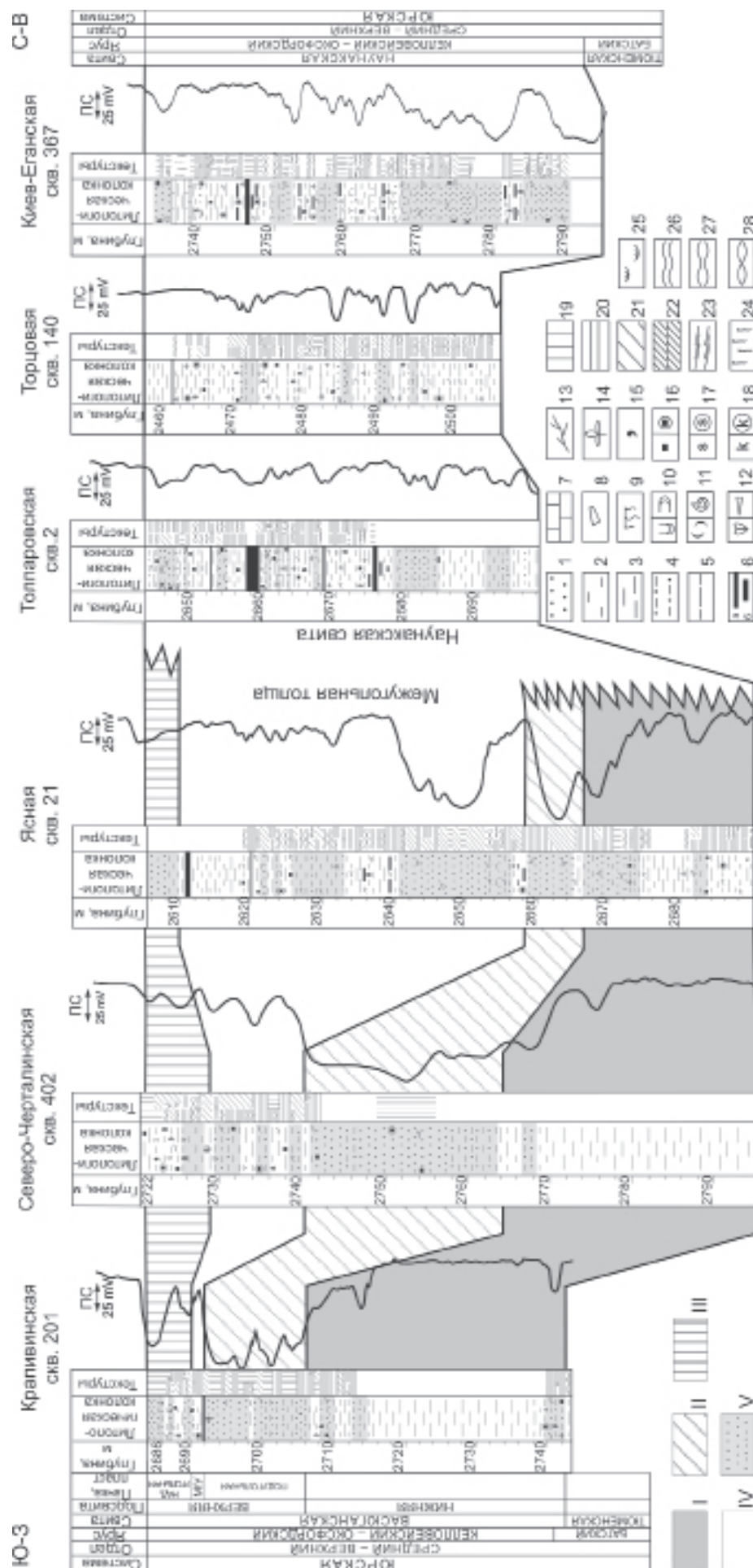
Зоны распространения свит: 1 – абалакской (Ямало-Надымский подрайон), 2–4 – васюганской (2 – Обь-Тарский, 3 – Обь-Аганский, 4 – Верхнепурский структурно-фациальные подрайоны), 5 – точинской и сиговской, 6 – наунакской, 7 – татарской; 8 – границы структурно-фациальных подрайонов в зоне распространения васюганской свиты; 9 – переходные зоны; 10 – скважины, в которых изучен керн келловей-оксфордских отложений; 11 – район исследования; 12 – профиль А–А

ние обломочного материала, увеличение доли кварца и уменьшение литокластов. Формирование этой части разреза происходило главным образом в прибрежно-морских обстановках. В некоторых скважинах выделены отложения дельтового комплекса.

Межугольная толща имеет преимущественно алевроито-глинистый состав, присутствуют отдельные

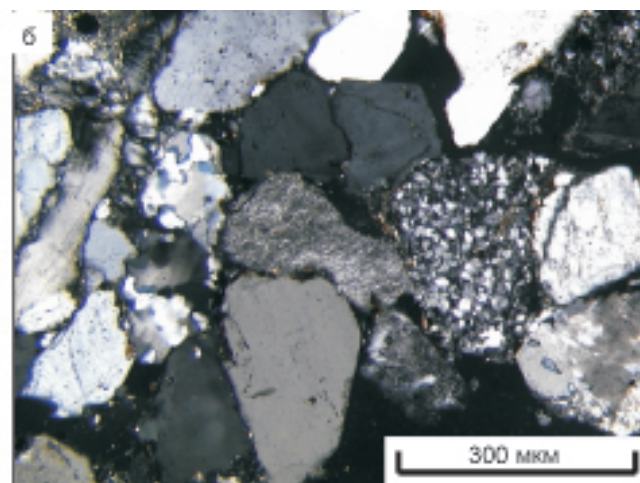
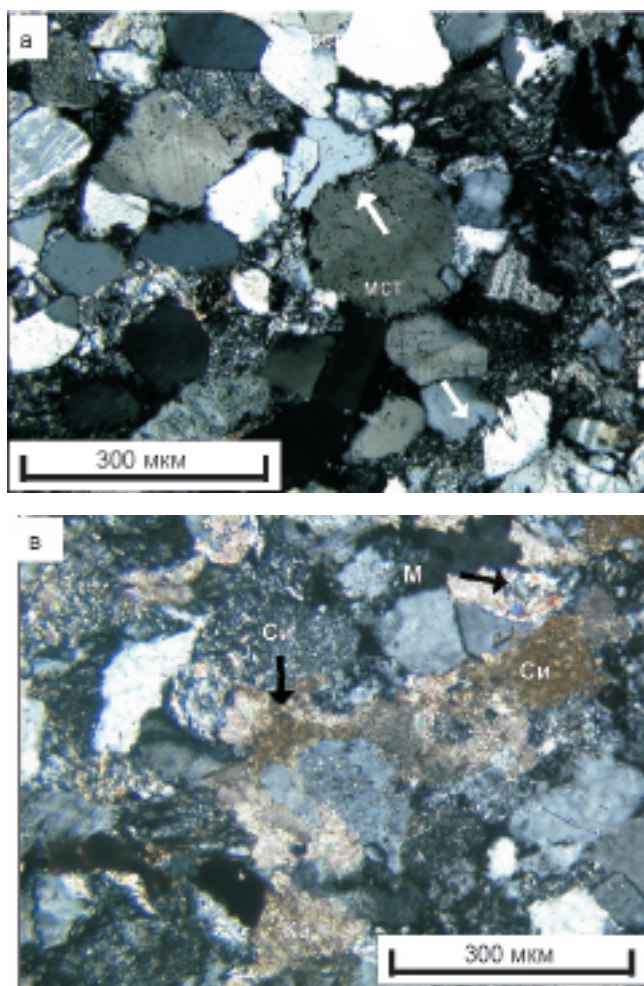
прослой песчаников, известняков и угля или углисто-го аргиллита. С запада на восток ее толщины возрастают (от 1 до 40 м), увеличивается число угольных пластов, появляются достаточно мощные пласты песчаников. Характерно наличие углефицированного растительного детрита, большого количества пирита, уровней сидеритизации, остатков корневой си-





**Рис. 2.** Схема строения келловей-оксфордских отложений на юго-востоке Западной Сибири (профиль А на рис. 1)

*Свиты, подсвиты и пачки:* I – нижневасюганская подсвита, II–IV – верхневасюганская подсвита, II – подугольная толща, III – надугольная толща, IV – межугольная толща, наунанская свита, V – пласты песчаных и алевроитовых пород выдержанные мощностью >1 м; *породы:* 1 – песчаники, 2 – алевролиты, 3 – аргиллиты, 4 – алевропесчаники, 5 – алевроаргиллиты, 6 – угли (а), углистость (б), 7 – известняки, 8 – глинистые интракласты; *включения:* 9 – ризомы, 10 – следы жизнедеятельности организмов, 11 – детрит/морская фауна, 12 – двусторонка/белемнит, 13 – углещирированный растительный детрит, 14 – отпечатки флоры, 15 – глауконит, 16 – пирит/конкреция пирита, 17 – сидерит/конкреция сидерита, 18 – кальцит/конкреция кальцита; *текстуры:* 19 – массивная, 20 – горизонтальная слоистость, 21 – крупная таблитчатая косая слоистость, 22 – мелкая таблитчатая косая слоистость, 23 – пологая косая слоистость, 24 – деформативные биотурбационные, 25 – троговая мелкая косая слоистость, 26 – волнистая слоистость, 27 – волнисто-линзовидная слоистость, 28 – линзовидная слоистость



**Рис. 3.** Песчаники горизонта Ю<sub>1</sub>: а – мелкозернистый полевошпатово-литокластито-кварцевый с глинистым поровым цементом, Северо-Черталинская скв. 402, подугольная толща, пласт Ю<sub>1</sub><sup>3-4</sup>; б – мелко-среднезернистый литокластито-полевошпатово-кварцевый с глинистым пленочно-поровым цементом, Дуклинская скв. 1, надугольная толща, пласт Ю<sub>1</sub><sup>1-2</sup>; в – мелкозернистый полевошпатово-литокластито-кварцевый с глинисто-карбонатным цементом, Киев-Еганская скв. 367, наунакская свита, пласт Ю<sub>1</sub><sup>2</sup>; МСТ – микростилолит, Ка – кальцит; М – мусковит; Си – сидерит. Николи +

стемы растений. Формирование толщи происходило преимущественно в обстановках заливно-лагунного побережья, приморской и аллювиальной равнин.

Мощность *надугольной* толщи изменяется от 3 до 15 м, иногда увеличивается до 27 м. В ее составе выделены алеврито-песчаные пласты Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> и Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>, часто разделенные алеврито-глинистой пачкой. Общее преобладание мелкозернистых песчаников в районе исследования, за исключением ряда площадей на Александровском и Крапивинском сводах (см. рис. 3, б), возможно, связано с удалением рассматриваемого участка бассейна от основных источников сноса во время позднеоксфордской трансгрессии. Состав пород преимущественно литокластито-полевошпатово-кварцевый, за исключением Чебачьей скв. 219 и Трайгородской скв. 5 на Александровском своде, где отмечено значительное количество литокластов. Содержание кварца варьирует от 37 до 53 %, редко 63 %; полевых шпатов 20–44 %, обломков пород 21–34 %, в разрезах Чебачьей и Трайгородской площадей 35–51 % (см. рис. 4). Для отложений характерны значительные вариации в содержании глинисто-карбонатного и карбонатного цемента (от 8 до 55 %) с заметным количеством аутигенного пирита (3–15 %). Карбонатный цемент представлен преимущественно кальцитом разнокристаллическим порового и порово-базального типа. В верхней части толщи отмечаются прослои

терригенно-карбонатных пород с обильной морской фауной, появляется аутигенный глауконит. Характерны уровни с комковатой текстурой, образующейся за счет интенсивной биотурбации осадков. Толща формировалась в мелководно-морских, в меньшей степени в прибрежно-морских обстановках. Значения открытой пористости варьируют от 9 до 19 %, проницаемости – от 0,2 до 61 мД.

Строение *наунакской* свиты отличается неравномерным чередованием аргиллитов, алевролитов и песчаников с небольшим преобладанием последних. Типично значительное содержание углистых аргиллитов и прослоев углей, крупных фрагментов растительности и остатков корневой системы растений. В разрезах, приуроченных к отрицательным структурам, наблюдается чередование алевритовых и глинистых пачек с маломощными прослоями песчаников (от первых см до 2 м) в средней части разреза. Песчаники серые мелкозернистые алевритовые со средней и плохой сортировкой (см. рис. 3, в), изредка содержат пирит, фрагменты листовой флоры плохой сохранности. Разрезы, вскрытые на положительных структурах II–IV порядков (Толпаровская, Сенькинская, Киев-Еганская, Пыль-Караминская площади), отличаются появлением достаточно мощных (6–8 м) пластов. Песчаники преимущественно мелко-средне-, средне-мелкозернистые. На Киев-Еганской площади также развиты средне-, редко крупнозернистые и переходные между ними разновидности с обильным углефицированным растительным детритом, реже фрагментами углефицированной растительности размером до 3 см, остатками корневой системы растений. Вверх по разрезу роль углисто-гли-



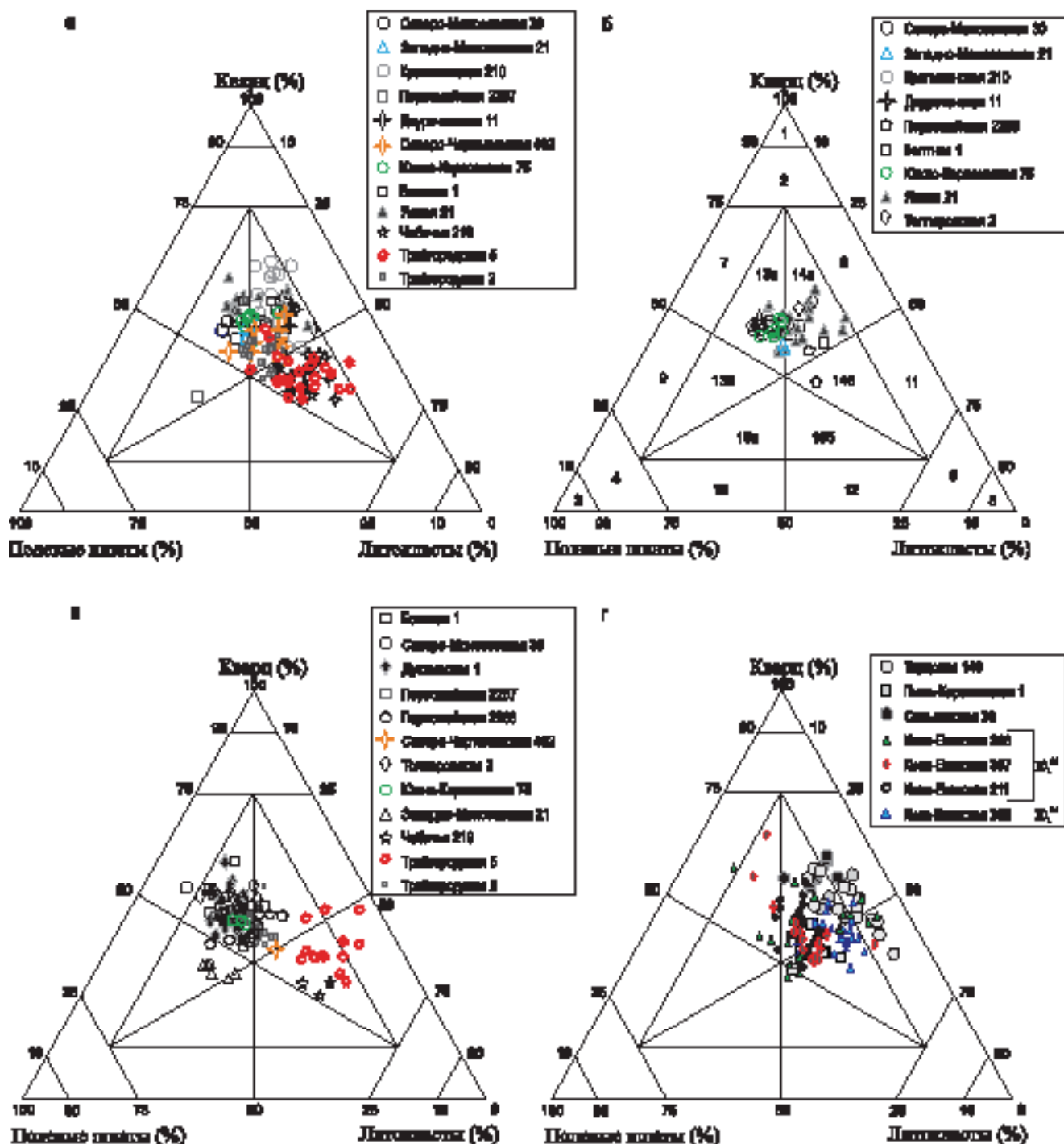


Рис. 4. Схемы состава обломочного материала песчаников и алевропесчаников горизонта Ю<sub>1</sub> на юго-востоке Западной Сибири: а – подугловая толща, б – межугловая толща, в – надугловая толща, г – наунакская свита

Поля (по Ю. П. Казанскому, 1987, с дополнениями): 1 – кварцевые, 2 – олигомиктово-кварцевые, 3 – полевошпатовые, 4 – олигомиктово-полевошпатовые, 5 – литокластитовые, 6 – олигомиктово-литокластитовые, 7 – полевошпатово-кварцевые, 8 – литокластитово-кварцевые, 9 – кварцево-полевошпатовые, 10 – литокластитово-полевошпатовые, 11 – кварцево-литокластитовые, 12 – полевошпатово-литокластитовые, 13а – литокластитово-полевошпатово-кварцевые, 13б – литокластитово-кварцево-полевошпатовые; 14а – полевошпатово-литокластитово-кварцевые, 14б – полевошпатово-кварцево-литокластитовые; 15а – кварцево-литокластитово-полевошпатовые, 15б – кварцево-полевошпатово-литокластитовые

нистого материала и сидерита возрастает. В разрезах Киев-Еганской площади по соотношению различных размерных фракций песчаники пласта Ю<sub>1</sub><sup>1</sup> являются более грубозернистыми. Здесь характерно развитие крупнопесчаной фракции (0,5–1 мм), содержание которой изменяется от 0 до 64 % (в среднем 2 %, 7 %

и 23 % в скважинах 367, 366 и 211 соответственно), в то время как в пластах Ю<sub>1</sub><sup>3–4</sup>, Ю<sub>1</sub><sup>2</sup> в среднем оно не более 2 %. Степень сортировки обломочного материала различная (средняя, реже плохая, иногда хорошая), выявить закономерность ее изменения по латерали и вертикали не удалось. Преобладают по-





луокатанные и угловатые обломки. По петрографическому составу породы относятся преимущественно к полевошпатово-литокластитово-кварцевому и полевошпатово-кварцево-литокластитовому типам.

На территории развития наунакской свиты с запада на юго-восток в алеврито-песчаных породах отмечаются уменьшение содержания кварца (от 45–56 до 32–43 %), увеличение – полевых шпатов (от 7–18 до 19–31 %) и слюд (от 0,5–1 до 3–4 %), достаточно выдержанное количество обломков пород (34–45 %). Снизу вверх по разрезу несколько увеличивается содержание кварца. Цемент песчаников глинистый (0–7 %), глинисто-карбонатный (3–22 %) и карбонатный (25–40 %). Карбонатный цемент наиболее интенсивно проявлен в средней и верхней частях разрезов наунакской свиты и представлен пелитоморфным сгустковым, редко микрокристаллическим сидеритом базально-порового типа (от 6–7 до 25–40 %), микро- и мелкокристаллическим кальцитом порово-базального типа (3–40 %); последний иногда встречается совместно с доломитом. На Киев-Еганской площади уровни кальцитизации редки. Количество аутигенного пирита в песчаниках не превышает 5 %. Формирование свиты происходило в условиях, переходных от морских к континентальным и континентальным. Выделены обстановки приморских болот, лагун, приливно-отливных равнин, мелких озер и небольших рек с низкой скоростью течения. Наибольшие мощности песчаников и более грубозернистый их состав приурочены к осадочным телам, сформированным в обстановках дельтовых рукавов и заполнения русла. Значения открытой пористости варьируют от 1,2 до 16,7 %, проницаемости – от тысячных долей до 27 мД.

Судя по составу обломочных компонентов, источником материала келловей-оксфордских отложений служили породы кислого ряда (гранитоиды, кислые эффузивы), а также осадочные (аргиллиты, песчаники, кремнистые породы). Снос терригенного материала в основном осуществлялся с территорий Сибирской платформы, Кузбасса и Алтая [5]. Местными источниками сноса могли служить Верхнедемьянский свод, на Александровском своде – выступы в пределах Криволуцкого вала, на Каймысовском своде – выступы в пределах Моисеевского куполовидного поднятия и Ларломкинского вала.

#### **Связь коллекторских свойств с петрографическим составом алеврито-песчаных пород горизонта Ю<sub>1</sub>**

Многолетние исследования показали, что характер фильтрационно-емкостных свойств алеврито-песчаных пород обусловлен их структурными, минералогическими и текстурными особенностями. Они, в свою очередь, формируются под влиянием седиментационных и постседиментационных процессов и могут быть оценены только при детальном литологическом исследовании. Пористость и проницаемость осадка зависят от следующих основных факторов: размерности зерен, их сортировки, формы,

упаковки, степени окатанности, состава обломков и количества и состава первичного цемента (матрикса). Теоретически пористость не зависит от размера зерен, но на практике на нее влияют сразу три фактора: размер, форма и сортировка. В плохо сортированных осадках маленькие зерна могут размещаться между большими в поровом пространстве и, таким образом, мешать фильтрации. К постседиментационным факторам относятся уплотнение, аутигенное минералообразование, растворение, перекристаллизация, трещинообразование и др. Выявление определяющей роли того или иного фактора, а также направленности влияния каждого из них (ухудшение или улучшение ФЕС) – важная задача при литологических исследованиях пород продуктивных горизонтов.

**Седиментационные факторы.** Полученные нами и опубликованные данные по корреляционному анализу петрографического состава и гранулометрии алеврито-песчаных пород горизонта Ю<sub>1</sub> с их пористостью и проницаемостью показали, что к параметрам, определяющим формирование улучшенных коллекторов, относятся содержание среднепсаммитовой фракции, медиана, доля каркасных компонентов в обломочной части пород, количество и состав цемента (см. таблицу).

При анализе зависимости коллекторских свойств от структуры пород было установлено, что открытая пористость и проницаемость возрастают с увеличением медианного диаметра обломков (коэффициент корреляции Пирсона  $r = 0,63$ ), при этом максимальные их значения присущи песчаникам с медианным диаметром более 0,2 мм. Сортировка обломочного материала также влияет на коллекторские свойства пород: чем лучше сортировка, тем выше пористость. На практике при среднем размере зерен менее 0,05 мм породы становятся малопроницаемыми даже при высоком коэффициенте отсортированности, хотя теоретически они и могут быть высокопористыми. Например, в изученных отложениях наиболее высокие значения ФЕС были установлены в хорошо сортированных наиболее грубозернистых (средне-, средне-мелкозернистых) песчаниках пластов Ю<sub>1</sub><sup>3-4</sup> Крапивинской скв. 201 и Двуреченской скв. 11. Форма обломков также оказывает влияние на коллекторские свойства. Максимальные значения ФЕС характерны для алеврито-песчаных пород, сложенных изометричными, хорошо окатанными (несколько хуже – угловатыми, полуокатанными) зернами. Менее благоприятны в этом плане удлиненные, особенно таблитчатые зерна. В изученных алеврито-песчаных породах обломки имеют преимущественно полуокатанную, реже окатанную и угловатую форму, что в целом положительно влияет на коллекторские свойства пород.

Форма обломков, характер их поверхности (глянцевые, шероховатые и др.), адсорбционная способность, смачиваемость и т. д. в значительной степени определяются минеральным составом обломочной части. Известно, например, что поверхность кварца обладает наименьшей по сравнению с дру-



Коэффициенты корреляции ( $r$ ) между составом и коллекторскими свойствами алеврито-песчаных пород горизонта Ю<sub>1</sub> на юго-востоке Западной Сибири (для пород с содержанием цемента <16 %)

Параметры состава	Открытая пористость, %	Проницаемость, мД
0,25–0,1 мм (песчаник мелкозернистый) (N = 65)	0,33	<b>0,41</b>
0,1–0,05 мм (алевролит крупнозернистый) (N = 65)	–0,42	<b>–0,55</b>
Максимальный диаметр (N = 65)	0,44	<b>0,69</b>
Медиана (N = 65)	0,46	<b>0,63</b>
Количество		
кварца (N = 65)	0,28	<b>0,52</b>
полевых шпатов (N = 65)	–0,16	–0,40
каркасных литокластов (N = 51)	0,35	<b>0,32</b>
цемента всего (N = 65)	–0,64	<b>–0,32</b>
в том числе		
хлорит-гидрослюдистого (N = 65)	–0,42	–0,27
карбонатного (N = 29)	–0,49	–0,12

Примечание. Жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляции с уровнем доверительной вероятности >0,95.

гими минералами адсорбционной способностью к нефти. Кроме того, породы с преобладанием в составе каркасных компонентов менее подвержены уплотнению и, следовательно, уменьшению порового пространства. Для изученных пород-коллекторов характерен преимущественно полевошпатово-литокластито-кварцевый и литокластито-полевошпатово-кварцевый состав с преобладанием каркасных компонентов (75–90 %) и преимущественно высоким содержанием кварца (около 50 %, иногда до 60 %), обломки которого наиболее изометричны. Доля пластичных компонентов (слюды, обломки глинистых пород и сланцев) не превышает 10–20 %. Алеврито-песчаные породы такого состава характеризуются высокими ФЕС. В результате статистического анализа выборки образцов пород с содержанием цемента <16 % было выявлено, что положительное влияние на ФЕС оказывает количество кварца (см. таблицу). Получена четкая положительная корреляционная зависимость ( $r = 0,52$ ) между количеством кварца и проницаемостью. Для выборки с породами, содержащими менее 7 % цемента, указанная зависимость более четкая ( $r = 0,56$  для пористости и  $r = 0,58$  для проницаемости). Это объясняется тем, что кварц создает жесткий каркас породы, препятствующий дальнейшему уплотнению, а следовательно, уменьшению порового пространства.

Для полевых шпатов характерно слабо выраженное отрицательное влияние на коллекторские свойства. В выборке среди полевых шпатов отдельно не выделялись сильно измененные калиевые полевые шпаты, способные к пластической деформации. При уплотнении пород они могут выступать как глинистые обломки пород, запечатывая имеющиеся свободные поры, тем самым ухудшая коллекторские свойства. Влияние же слабо- и неизмененных полевых шпатов аналогично таковому для кварца. Отрицательно влияет на коллекторские свойства и присутствие слюд. Но из-за непостоянного, порой незначительного их содержания и неравномерного

послойного распределения эта зависимость проявляется крайне слабо. В породах с преобладанием каркасных литокластов также наблюдается четкая положительная корреляция содержания обломков пород с открытой пористостью, в меньшей степени с проницаемостью. Увеличение количества пластичных обломков приводит к ухудшению фильтрационно-емкостных параметров.

Важным параметром при формировании ФЕС является количество цементирующего материала и его состав. Седиментационный цемент представлен в основном глинистыми минералами. В целом чем больше цемента в обломочной породе, тем ниже ее коллекторские свойства (см. таблицу). При небольшом (1–7 %) количестве цемента в породах сохраняется часть первичных седиментационных пор. Значительное снижение пористости и проницаемости наблюдается при увеличении содержания глинистого цемента до 15–20 % и более. В состав последнего входят глинистые минералы, обладающие различными физическими свойствами, в частности особенностями дисперсности (адсорбционной способности), кристаллохимического строения и гидратации глинистых минералов. Насыщение глины водой и одновалентными катионами приводит к диспергации глинистых микроагрегатов, уменьшению поровых каналов и проницаемости [8]. Каолинит же обладает жесткой кристаллической решеткой и крупными микрорешетками, что обуславливает его относительно небольшую удельную поверхность и емкость обмена. Рентгеноструктурный анализ глинистого цемента изученных алеврито-песчаных пород показал, что преобладающий глинистый минерал – каолинит (55–70 %), в подчиненном количестве отмечаются диоктаэдрическая слюда поли типа 2M<sub>1</sub>, в меньшей степени 1M, со следовой примесью смешанослойного иллит-сметита (15–30 %) и (Mg, Fe)-хлорит (5–28 %).

Совместно с глинистым материалом часто наблюдается тонкодисперсное органическое вещество, проявленное обычно в нефтенасыщенных



прослоях. Наибольшее его количество (типа битума) установлено на Крапивинском месторождении в верхней половине подугольной толщи. Оно неравномерно распределено по породе (от менее 1 до 5 %) и формирует порово-пленочный цемент (рис. 5, а). В песчаниках слабо проявлены постседиментационные изменения, в шлифах фиксируется достаточно большое количество межзерновых пор (см. рис. 5, б). Возможно, наличие битума препятствовало дальнейшему уплотнению и вторичному преобразованию пород, и, таким образом, способствовало сохранению ФЕС. Такие песчаники имеют пористость до 18–21 %, проницаемость 160–400 мД.

**Постседиментационные факторы.** При детальном микроскопическом исследовании алеврито-песчаных пород горизонта Ю<sub>1</sub> на изученной территории выявлены следующие постседиментационные преобразования.

**Аутигенное минералообразование и перекристаллизация.** Вторичное минералообразование в целом отрицательно влияет на ФЕС. Это связано с формированием новообразованных минералов в свободном пустотном пространстве породы. Основной объем аутигенного минералообразования приходится на карбонатные минералы, среди которых наиболее распространен кальцит. Кальцитизация пород максимально выражена в породах надугольной толщи, вплоть до появления прослоев терригенно-карбонатных пород (см. рис. 5, в) и вторичных известняков. Содержание кальцита варьирует от первых до 50–60 %. При незначительном содержании он формирует микро-, тонкокristаллический цемент порового, участками базального типов. При увеличении содержания кальцит обычно разнокристаллический, преимущественно мелко-среднекристаллический, часто пойкилитовый, корродирует обломки, частично или полностью замещает часть из них (см. рис. 5, г) и формирует порово-базальный тип цемента. Интенсивная кальцитизация, когда в первую очередь замещаются неустойчивые пластичные обломки, часто приводит к изменению состава пород (увеличению содержания обломков кварца и уменьшению содержания обломков пород и полевых шпатов). В цементе изученных алеврито-песчаных пород часто проявлен сидерит (от 1–3 до 10, иногда 25–40 %) пелитоморфный сгуст-

ковый, редко микрокристаллический, иногда сферолитовый порового, редко пленочно-порового, участками порово-базального типов. Он наиболее характерен для межугольной толщи и наунакской свиты, в меньшей степени – для подугольной толщи. Доломит обычно встречается в небольшом количестве (от долей до первых процентов), часто развит по кальциту, иногда по сидериту, формируя тонкокristаллические ромбоэдры, нередко приурочен к сильно карбонатизированным песчаникам межугольной толщи. Карбонатный цемент при содержании 25–30 % и выше снижает открытую пористость более резко, чем глинистый (см. таблицу). Однако для таких пород возможно возникновение вторичной пористости за счет выщелачивания карбонатных минералов.

Процессы каолинитизации выражены в перекристаллизации седиментационного каолинитового цемента и в каолинитизации полевых шпатов (см. рис. 5, д–з). По данным рентгеноструктурного анализа в более грубозернистых песчаниках горизонта Ю<sub>1</sub>, содержащих заметное количество порового каолинита (от 1–3 % до 5–8 %), последний представлен разновидностью с высокой степенью структурной упорядоченности. При перекристаллизации седиментационного каолинита с низкой степенью структурной упорядоченности в новообразованных агрегатах каолинита до 30–50 % приходится на вновь образованное межзерновое пространство. В подугольной толще доля перекристаллизованного каолинитового цемента в изученных породах достигает 8, редко 15 %.

Регенерация кварца выражена в разной степени на всей изученной территории. Кварц образует каемки толщиной до 0,02–0,05 мм, преимущественно неполные, в единичных случаях гранулированные (см. рис. 5, и, к). В целом наблюдается увеличение доли регенерационного кварца с увеличением размерности кварцевых зерен. Также интенсивное проявление регенерации отмечено в приразломных зонах, где породы подвергались углекиислому выщелачиванию. В последнем случае растворенный кварц переотлагается в этих же пластах, например, в средне-мелкозернистых песчаниках в Двуреченской скв. 11 от 70 до 100 % обломков кварца регенерировано, иногда до идиоморфных граней. Наличие в песчаниках небольшого количества раннекатагене-

**Рис. 5.** Петрографические особенности алеврито-песчаных пород горизонта Ю<sub>1</sub>

а – пленочно-поровое ОВ, Крапивинская скв. 201, подугольная толща, пласт Ю<sub>1</sub><sup>3–4</sup>; б – межзерновые поры (прокрашено голубой смолой), Дуклинская скв. 1, подугольная толща; в – терригенно-карбонатная порода с остатком морской фауны, Крапивинская скв. 201, надугольная толща; г – кальцитизация, Двуреченская скв. 12, подугольная толща; д–з – каолинит: д, е – каолинитизация полевых шпатов, Крапивинская скв. 201, подугольная толща; ж – перекристаллизованный каолинит, Толпаровская скв. 2, надугольная толща, пласт Ю<sub>1</sub><sup>1–2</sup>; з – микропористость в участке перекристаллизованного каолинита (микрошлиф), Первомайская скв. 2287, подугольная толща; регенерация кварца и механическая деформация калиевого полевого шпата (мд): и – Дуклинская скв. 1, надугольная толща, к – Киев-Еганская скв. 211, наунакская свита, пласт Ю<sub>1</sub><sup>1</sup>; л, м – микростилолиты, Дуклинская скв. 1, надугольная толща, н – протяженный стилолитовый шов, там же, о – трещины выщелачивания в образце, там же; п – катаклаз плагиоклаза, Двуреченская скв. 11, подугольная толща. К – каолинит; М – мусковит; Мк – микроклин; Си – сидерит; Кв<sub>рег</sub> – кварц регенерационный; мст – микростилолит, пд – пластическая деформация. Николи + – в, г, е, ж, и, к, л, п; николи II – а, б, д, м, н. Стрелки указывают на пленочно-поровое ОВ

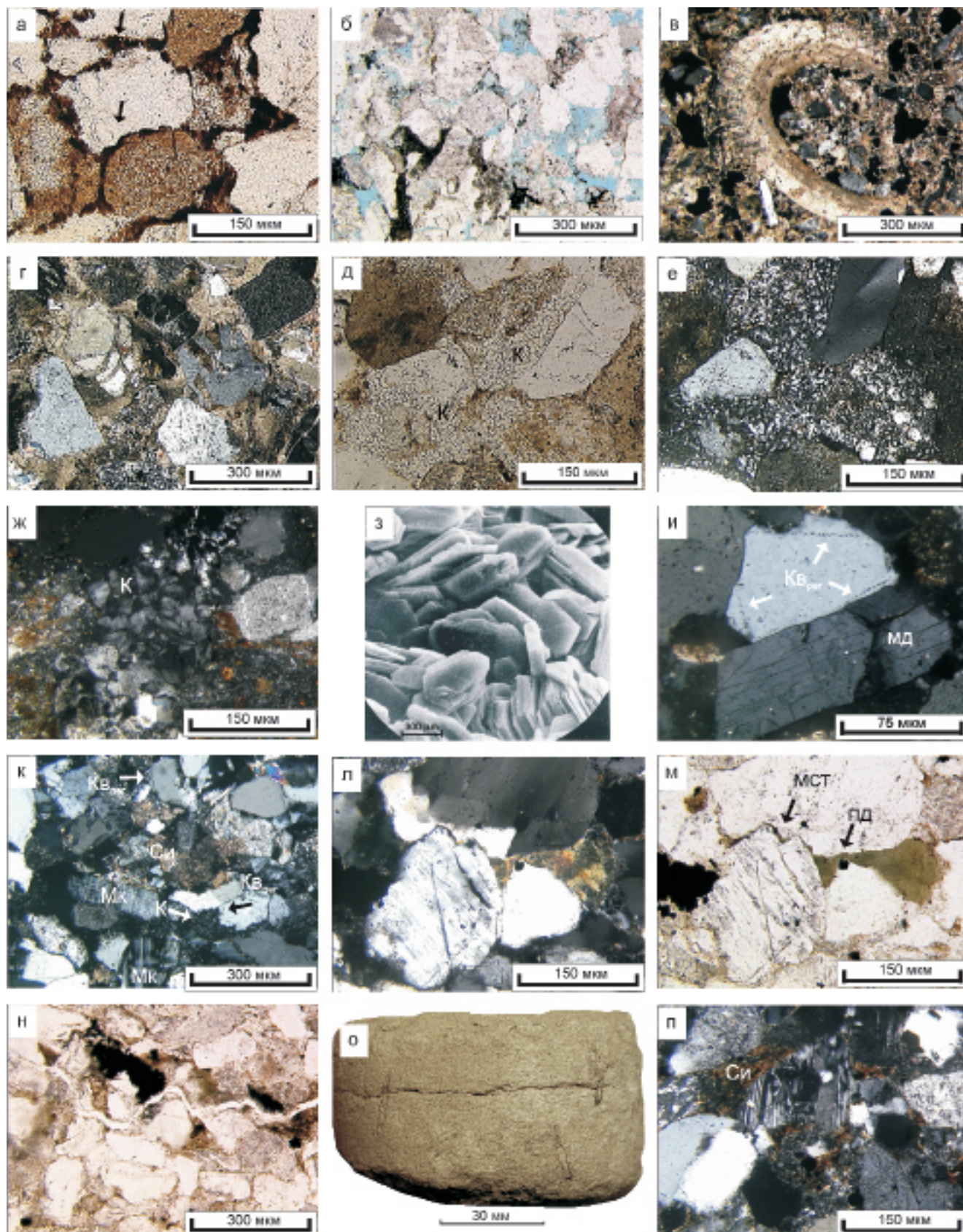




тического регенерационного кварца (1–4 %), скрепляющего каркас породы и препятствующего дальнейшему уплотнению, положительно влияет на ФЕС.

В зависимости от состава полевых шпатов отмечена разная степень их изменения процессами кальцитизации, пелитизации, серицитизации, си-

деритизации, каолинитизации. На фоне общего преобладания слабоизмененных калиевых полевых шпатов наблюдается уменьшение содержания сильно и умеренно измененных вверх по разрезу алеврито-песчаных пластов. Кислые плагиоклазы не изменены или слабо изменены.







По обломкам пород иногда развиваются кальцит и сидерит, образуя цемент замещения. Каркасные обломки серицитизированы и каолинитизированы. Пластичные обломки в основном умеренно деформированы, сильно деформированные выступают в роли цемента, что приводит к уменьшению диаметров поровых каналов. В нефтенасыщенных пластах пластичные обломки часто пигментированы органическим веществом.

**Растворение.** С постседиментационными процессами связаны растворение и коррозия под влиянием длительного давления на контактах обломков разного состава, что приводит к их взаимному приспособлению. Это способствует более плотному прилеганию частиц друг к другу и уплотнению породы в целом. Растворение под давлением кварца и полевых шпатов усиливается, если на контактах между ними присутствуют гидрослюды, глинистые и серицитовые обломки и сланцы, создающие щелочную среду. Такое растворение с участием гидрослюды обуславливает возникновение столбчатых микростилолитов между зернами (см. рис. 5, л, м, рис. 3, а).

Также с постседиментационными преобразованиями связано появление пор и пустот выщелачивания. Они возникают при растворении силикатных и карбонатных компонентов пород в составе обломочного каркаса и цемента, что приводит к разуплотнению пород. В некоторых разрезах на отдельных уровнях фиксировалось сочетание пустот выщелачивания и протяженных стилолитовых швов. Например, в скважинах Дуклинской 1, Двуреченских

11, 12 (Каймысовский свод), расположенных вблизи установленных крупных разломов, широко развиты протяженные стилолиты (см. рис. 5, н), а в макрообразцах – субгоризонтальные пустоты выщелачивания (см. рис. 5, о). Наличие зон углекислотного выщелачивания на территории Каймысовского свода подтверждают томские исследователи [1] на основе изучения изменения химического состава подземных вод (рис. 6). Процесс выщелачивания проявлен неоднородно, вследствие чего зоны развития такого пустотного пространства распространены ограниченно. В результате подобной проработки тип коллектора становится кавернозно-поровым, а ФЕС в таких зонах изменяются очень сильно, скачкообразно. В пример можно привести Двуреченское месторождение, где из подугольной толщи были получены притоки нефти с высокими дебитами (от 53 до 520 м<sup>3</sup>/сут). В верхней части толщи отмечено резкое возрастание проницаемости (до 20–129 мД) по сравнению с нижней частью (0,1–10 мД). При этом пористость увеличивается незначительно (от 11–14 до 13–20 %) (см. рис. 6).

В кровле изученных песчаных пластов горизонта Ю<sub>1</sub> часто наблюдаются наклонные тектонические трещины. В керне они фиксируются по наличию мелких разнонаправленных трещин, залеченных полигональным кальцитом, а также по сдвиговой поверхности, наличию зеркал скольжения. Залеченные трещины такого типа могут служить местными экранами залежей. Появление открытых тектонических трещин в продуктивных породах ведет к фор-

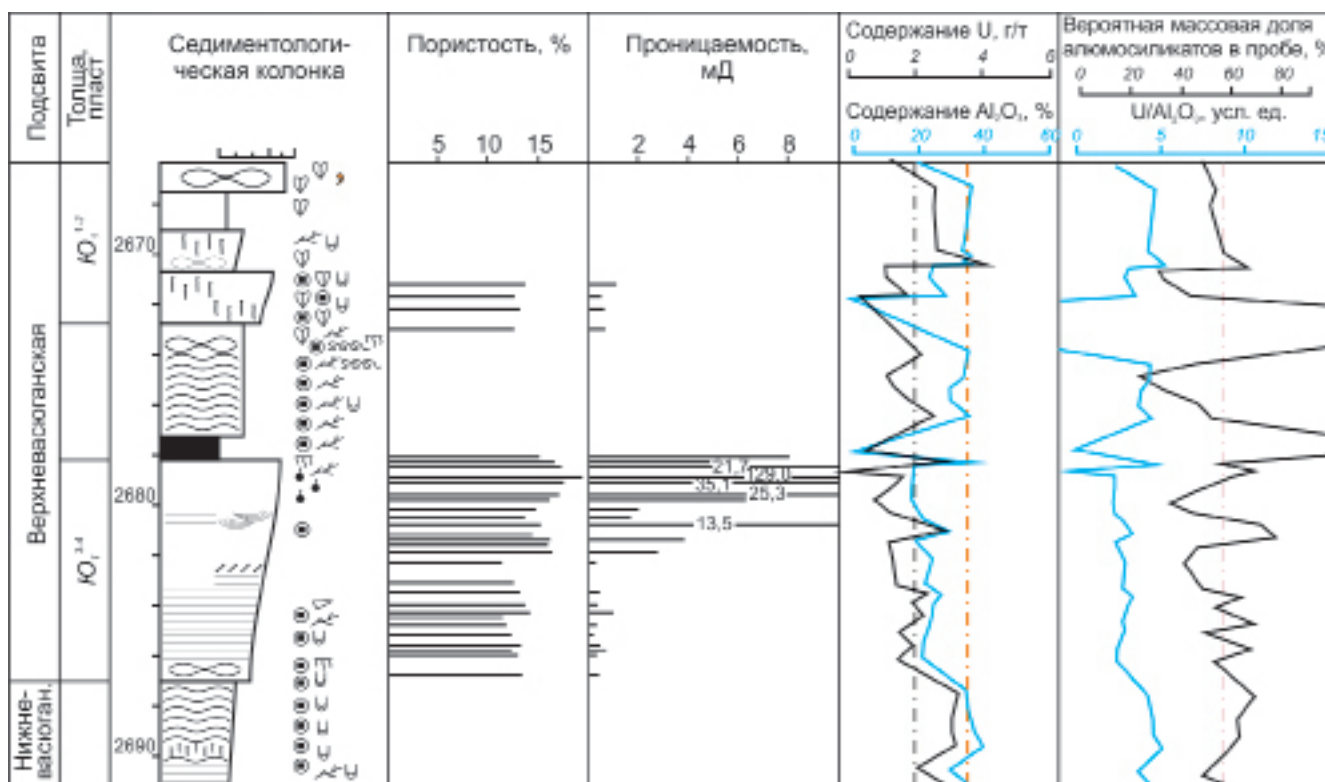


Рис. 6. Седиментационный разрез горизонта Ю<sub>1</sub>, вскрытого Двуреченской скв. 11. Геохимические данные по содержанию U и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [13]

Усл. обозн. см. на рис. 2



мированию коллекторов трещинно-порового типа и к резкому скачкообразному увеличению дебитов углеводородов. На наличие дополнительных напряжений также указывают зафиксированные обломки катаклазированных полевых шпатов (см. рис. 5, п). Наиболее ярко этот процесс представлен в Двуреченской скв. 11, где в подугольной толще более 30 % обломков плагиоклаза катаклазированы.

Ранее показано, что по структурно-минералогическим параметрам изменения изученных пород соответствуют среднему – началу позднего катагенеза [3], что совпадает со степенью катагенеза по органическому веществу, заключенному в изученных породах (по данным А. Н. Фомина, ИНГГ СО РАН). Этому не противоречат данные по палеотемпературе регионального прогрева отложений, которая достигает 80–120 °С и не превышает современной [7].

### Обсуждение результатов и выводы

В данной работе обобщены и уточнены результаты литологических исследований разных лет на территории распространения васюганской и науанской свит в пределах Обь-Тарского фациального подрайона и Сильгинского района. Показано, в частности, что в юго-восточном направлении (от васюганской свиты к науанской) в составе обломочной части пород уменьшается содержание кварца, возрастает – полевых шпатов и обломков пород, соответственно, зрелость пород в этом направлении уменьшается. Наблюдается прямая корреляция между минералогической и структурной зрелостью пород: с ростом доли кварца, как правило, улучшаются окатанность обломочного материала и сортировка. Вверх по разрезу количество полевых шпатов увеличивается, обломков пород – уменьшается. Установлено, что структура пород преимущественно плотная, конформная, уровнями умеренно плотная со свободным поровым пространством. По структурно-минералогическим показателям породы подвержены изменениям, соответствующим стадии среднего – позднего катагенеза.

При анализе влияния различных постседиментационных процессов на коллекторские свойства пород установлено, что к факторам, приводящим к формированию зон разуплотнения, т. е. улучшающим ФЕС алевроито-песчаных пород, относятся: 1) растворение обломков и цемента с последующим выносом материала в условиях углекислого выщелачивания; 2) каолинитизация полевых шпатов; 3) перекристаллизация глинистых минералов и карбонатов с образованием микропор, увеличением трещинной и внутризерновой проницаемости; 4) образование регенерационного кварца, скрепляющего каркас пород.

На некоторых месторождениях (например, на Каймысовском своде) именно постседиментационные процессы оказывают решающее влияние на формирование коллекторов. Выявлено, что в изученных породах зоны выщелачивания, стилолитов

образования и каолинитизации наиболее распространены в мощных песчаниках подугольной толщи на территории распространения васюганской свиты в юго-восточной части Обь-Тарского фациального подрайона.

Наложенные постседиментационные процессы, изменяющие ФЕС пород-коллекторов, обычно не имеют региональной приуроченности. Поэтому в целях более точного прогноза зон улучшенных коллекторов оценка соотношения седиментационных и постседиментационных факторов формирования ФЕС продуктивных горизонтов должна выполняться конкретно для каждого месторождения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов Р. В., Петров В. Н., Сысоев А. Т. Новые данные о перспективах нефтегазоносности Двуреченского месторождения нефти (Междуреченское поднятие, Томская область) // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. – 2000. – № 5. – С. 25–29.
2. Белозеров В. Б., Даненберг Е. Е., Огарков А. М. Особенности строения васюганской свиты в связи с поиском залежей нефти и газа в ловушках неантиклинального типа // Перспективы нефтегазоносности юго-востока Западной Сибири. – Новосибирск, 1980. – С. 92–100. – (Тр. СНИИГГиМС; вып. 275).
3. Бурлева О. В. Постседиментационные преобразования келловей-оксфордских отложений Обь-Иртышского междуречья: процессы и минеральные ассоциации // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2008. – № 6. – С. 9–22.
4. Гурова Т. И., Залазаева Л. В., Пода А. Г. Коллекторы юрских продуктивных горизонтов Томской области // Геология нефтегазоносных бассейнов. – Новосибирск, 1971. – С. 69–76. – (Тр. СНИИГГиМС; вып. 137).
5. Конторович В. А., Жевлаков Л. П. Прогноз зон распространения улучшенных коллекторов пластов Ю<sub>1</sub><sup>3–4</sup>, Ю<sub>1</sub><sup>5</sup> в северной части Лугинецкого месторождения // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. – 1998. – № 7. – С. 13–17.
6. Литология келловей-оксфордских отложений в различных фациальных районах Западно-Сибирской плиты / П. А. Ян, Л. Г. Вакуленко, О. В. Бурлева и др. // Геология и геофизика. – 2001. – Т. 42, № 11–12. – С. 1897–1907.
7. Недоливко Н. М., Жуковская Е. А., Баженнов В. А. Карбонаты в юрских отложениях юго-восточной части Нюрольской впадины (Томская область) // Геология и геофизика. – 2001. – Т. 42, № 3. – С. 491–501.
8. Осипов В. И., Соколов В. Н., Еремеев В. В. Глинистые покрышки нефтяных и газовых месторождений. – М.: Наука, 2001. – 238 с.
9. Перозин Г. Н. Вторичные изменения мезозойских отложений центральной и юго-восточной частей Западно-Сибирской низменности // Постсе-



диментационные преобразования осадочных пород Сибири. — М.: Наука, 1967. — С. 5–69.

10. **Решение** 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири: Объяснительная записка / ред. Ф. Г. Гурари и др. — Новосибирск: СНИИГГиМС, 2004. — 114 с.

11. **Сердюк З. Я., Эренбург Б. Г.** О составе вторичных карбонатов, развитых в трещинах и порах пород фундамента и осадочного чехла Обь-Иртышского междуречья // Литология и геохимия мезозойских отложений Сибири. — Новосибирск, 1972. — С. 87–91. — (Тр. СНИИГГиМС; вып. 149).

12. **Смехов Е. М.** Теоретические и методические основы поисков трещинных коллекторов нефти и газа. — Л.: Недра, 1974. — 200 с.

13. **Шалдыбин М. В.** Геохимические критерии оценки влияния процессов наложенного эпигенеза на фильтрационно-емкостные свойства обломочных пород-коллекторов (на примере нефтяных месторождений Томской области): автореф. дис. ... к. г.-м. н. — Томск, 2005. — 21 с.

## REFERENCES

1. Belov R.V., Petrov V.N., Sysoev A.T. [New data on oil-gas bearing prospects of the Dvurechensk field (Mezhdurechensk rise, Tomsk area)]. *Geologiya, geofizika i razrabotka nefteyanykh mestorozhdeniy — Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields*, 2000, no. 5, pp. 25–29. (In Russ.).

2. Belozarov V.B., Danenberg E.E., Ogarkov A.M. [Structural features of the Vasyuganskaya Formation and prospecting for oil and gas accumulations in non-anticlinal traps]. *Perspektivy neftegazonosnosti yugovostoka Zapadnoy Sibiri. Trudy SNIIGGiMS* [Oil and gas bearing prospects of the southeastern Western Siberia. SNIIGGiMS Proceedings]. Novosibirsk, 1980, issue 275, pp. 92–100. (In Russ.).

3. Burleva O.V. [Postdepositional alterations of the Callovian-Oxfordian deposits of the Ob-Irtysh interstream area: processes and mineral associations]. *Geologiya, geofizika i razrabotka nefteyanykh i gazovykh mestorozhdeniy — Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields*, 2008, no. 6, pp. 9–22. (In Russ.).

4. Gurova T.I., Zalazaeva L.V., Poda A.G. [Reservoirs in the Jurassic producing horizons of the Tomsk Region]. *Geologiya neftegazonosnykh basseynov. Trudy SNIIGGiMS* [Geology of petroleum basins. SNIIGGiMS Proceedings]. Novosibirsk, 1971, issue 137, pp. 69–76. (In Russ.).

5. Kontorovich V.A., Zhevlakov L.P. [Prediction of occurrence of better reservoirs in beds Yu<sub>1</sub><sup>3-4</sup> and Yu<sub>1</sub><sup>5</sup> in the northern part of the Luginetskoye field]. *Geologiya, geofizika i razrabotka nefteyanykh mestorozhdeniy —*

*Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields*, 1998, no. 7, pp. 13–17. (In Russ.).

6. Yan P.A., Vakulenko L.G., Burleva O.V., et al. [Lithology of Callovian-Oxfordian deposits in various facies districts of the West Siberian Plate]. *Geologiya i geofizika — Geology and Geophysics*, 2001, vol. 42, no. 11–12, pp. 1897–1907. (In Russ.).

7. Nedolivko N.M., Zhukovskaya E.A., Bazhenov V.A. [Carbonates in Jurassic deposits in the south-east of the Nyuro'l'ka depression]. *Geologiya i geofizika — Geology and Geophysics*, 2001, vol. 42, no. 3, pp. 491–501. (In Russ.).

8. Osipov V.I., Sokolov V.N., Ereemeev V.V. *Glinistye pokryshki nefteyanykh i gazovykh mestorozhdeniy* [Argillaceous seals of oil and gas fields]. Moscow, Nauka Publ., 2001. 238 p. (In Russ.).

9. Perozio G.N. [Secondary alterations of Mesozoic deposits in the central and southeastern parts of the West Siberian lowland]. Executive editors: Kazansky Yu.P., Perozio G.N. *Postsedimentatsionnye preobrazovaniya osadochnykh porod Sibiri* [Postdepositional alterations of sedimentary rocks in Siberia]. Moscow, Nauka Publ., 1967, pp. 5–69. (In Russ.).

10. *Reshenie 6-go Mezhdedomstvennogo stratigraficheskogo soveshchaniya po rassmotreniyu i priyatuyu utochnennykh stratigraficheskikh skhem mezozoysskikh otlozheniy Zapadnoy Sibiri: Ob'yasnitel'naya zapiska* [Decision of the 6<sup>th</sup> Interdepartmental Meeting on Stratigraphy, dedicated to discussion and acceptance of updated Mesozoic stratigraphic charts of Western Siberia: explanatory note]. F.G. Gurari et al. eds. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 2004. 114 p. (In Russ.).

11. Serdyuk Z.Ya., Erenburg B.G. [The composition of secondary carbonates located in fractures and pores of the basement and sedimentary cover rocks in the Ob-Irtysh interstream area]. *Litologiya i geokhimiya mezozoysskikh otlozheniy Sibiri. Trudy SNIIGGiMS* [Lithology and geochemistry of Mesozoic deposits of Siberia. SNIIGGiMS Proceedings]. Novosibirsk, 1972, pp. 87–91. (In Russ.).

12. Smekhov E.M. *Teoreticheskie i metodicheskie osnovy poiskov treshchinnykh kollektorov neftey i gaza* [Theoretic and methodological fundamentals of searching for fractured reservoirs of oil and gas]. Leningrad, Nedra Publ., 1974. 200 p.

13. Shaladybin M.V. *Geokhimicheskie kriterii otsenki vliyaniya protsessov nalozhennogo epigeneza na fil'tratsionno-emkostnye svoystva oblomochnykh porod-kollektorov (na primere nefteyanykh mestorozhdeniy Tomskoy oblasti): Avtoreferat dissertatsii ... kand. geol.-mineral. nauk* [Geochemical criteria of estimating the effect of superimposed epigenesis on the porosity and permeability of fractured reservoirs. A case study of oil fields in the Tomsk Region: The author's abstract of PhD thesis]. Tomsk, 2005, 21 p. (In Russ.).

© О. В. Бурлева, Л. Г. Вакуленко,  
О. В. Дульцева, П. А. Ян, 2017





## ХАРАКТЕРИСТИКА НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ И ОЦЕНКА НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СЮГДЖЕРСКОЙ НГО

А. М. Фомин, С. А. Моисеев, В. А. Топешко

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск

На территории Сюгджерской нефтегазоносной области выделяются следующие перспективные нефтегазоносные комплексы: вендский терригенный, венд-нижнекембрийский карбонатный, нижне-среднекембрийский карбонатный, верхнекембрийский – нижнеордовикский. Выполненный детальный анализ позволил оценить перспективы каждого из них. Наибольшими перспективами обладает ботубинский горизонт вендского терригенного комплекса. Талахский и вилучанский горизонты характеризуются низкими перспективами из-за повышенного градиента изменения их толщин, что способствовало накоплению «мусорных» грубозернистых, плохо отсортированных песчаных пород. Венд-нижнекембрийский карбонатный комплекс отличается низкими коллекторскими свойствами и оценивается относительно невысоко. Показано, что основные перспективы могут быть связаны с клиноформным комплексом, залегающим на нефтематеринской куонамской свите среднего кембрия. Построена принципиально новая карта перспектив нефтегазоносности Сюгджерской НГО, где выделены две зоны повышенных перспектив нефтегазоносности.

**Ключевые слова:** Лено-Тунгусская НГП, нефтегазоносность, венд, нижний кембрий.

## DESCRIPTION OF PETROLEUM PLAYS AND APPRAISAL OF PETROLEUM CONTENT OF THE SYUGDZHER PETROLEUM REGION

A. M. Fomin, S. A. Moiseev, V. A. Topeshko

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk

Within the Syugdzher petroleum region, there are the following promising petroleum plays: terrigenous Vendian, carbonaceous Vendian – Lower Cambrian, carbonaceous Lower-Middle Cambrian, and Upper Cambrian – Lower Ordovician. The detailed analysis allowed the authors to appraise the prospects of every play. The most promising is the Botubinsky horizon in the terrigenous Vendian play. The Talakhsky and Vilyuchansky horizons are characterised by small prospects due to increased thickness gradient, which favoured accumulation of dirty coarse-grained and poorly sorted sandy rocks. The carbonaceous Vendian – Lower Cambrian play is characterised by poor reservoir properties and was appraised at a low rate. The authors have established that the main prospects may be connected to the clinoform complex overlying the source Kuonamskaya Formation in the Middle Cambrian. A breakthrough map of the petroleum prospects of the Syugdzher petroleum region was built with outlining two zones of increased petroleum prospects.

**Keywords:** Lena-Tunguska petroleum province, petroleum content, Vendian, Lower Cambrian.

DOI 10.20403/2078-0575-2017-1-43-53

В пределах Сюгджерской НГО и на прилегающей территории Анабарской НГО давно известны многочисленные прямые признаки нефтегазоносности. Так, в процессе проводки колонковых скважин в районах кимберлитовых трубок отмечались многочисленные газо- и нефтепроявления [7]. При геолого-съёмочных работах отмечены обширные участки выходов на поверхность отложений, обогащенных органическим веществом и битумоидами. Одно из таких проявлений относится к кембрийским отложениям в районе р. Верхний Кенелекян [6].

В 1962–1964 гг. в пределах Мархинского вала была пробурена Мархинская опорная скв. 1, в 1964–1965 гг. – структурно-поисковая скв. 2, вскрывшие разрез кембрийских и вендских отложений общей толщиной около 2000 м. В Мархинской скв. 1 в разрезе буюкской свиты в инт. 1810–1830 м вскрыт нефтеносный пласт. При опробовании венд-кембрийских отложений в Мархинской скв. 2 отмечены значительные нефтегазопроявления.

С 1974 г. на северо-западе изучаемой территории в районе пос. Айхал для изучения кимберлитовых трубок проводятся сейсморазведочные исследования МОВ, МОГТ. В начале 1980-х гг. на региональных профилях по отражающему горизонту КВ выявлен ряд локальных структур, наиболее крупные из них (Батырская, Алымджахская, Мегеляхская, Онхойдохская, Чучуканская) стали объектами для постановки детализированных сейсморазведочных работ.

Параметрическое бурение в пределах Сюгджерской НГО начато в 1983 г. В 1984 г. по инициативе главного геолога ПГО «Ленанефтегазгеология» В. Е. Бакина была подготовлена программа регионального изучения нефтегазоносности Сюгджерской седловины (отв. исп. В. С. Ситников). В 1985–1991 гг. пробурено 28 параметрических и поисковых скважин. Залежей углеводородов не выявлено. Связано это было с несовершенством методики вскрытия и испытания пласта в условиях низких пласто-





вых давлений. В частности, в скважинах в пределах Сюгджерской НГО отложения терригенного венда вскрывались на глинистом растворе с удельным весом 1200-1260 кг/м<sup>3</sup>, что приводило к колюматации продуктивных горизонтов и, как следствие, снижению дебита скважины.

В 2006–2008 и в 2011–2013 гг. выполнены региональные геофизические работы в зоне сочленения Сюгджерской и Западно-Вилюйской НГО (междуречье рр. Марха и Ыгыатта) на Вилюйско-Мархинской площади [4, 5]. На основании анализа проведенных исследований, данных бурения и изучения геофизических работ прежних лет намечен целый ряд структурных элементов, характерных для моноклинальных склонов (структурных носов, заливов, приподнятых зон, отдельных структур) (рис. 1). В результате выявлено 16 структурно-тектонических зон, в которых прогнозируются неантиклинальные ловушки различных типов [4]. Это позволяет по-новому взглянуть на перспективы нефтегазоносности восточной части Сюгджерской НГО.

Разрез осадочного чехла территории исследования представлен вендскими, кембрийскими, ордовикскими, юрскими и четвертичными отложениями. Выделяется несколько перспективных нефтегазоносных комплексов (НГК): вендский терригенный, венд-нижнекембрийский карбонатный, нижне-среднекембрийский карбонатный, верхнекембрийский – нижнеордовикский.

**Вендский терригенный комплекс** детально изучен глубоким бурением в расположенном юж-

нее Ботуобинском нефтегазоносном районе. В Сюгджерской НГО эти отложения развиты в пределах Тюянской полувпадины, где толщина комплекса изменяется от 0 м в Онкучахской скв. 2861 до 376 м в Среднемархинской скв. 2250 (рис. 2, 3).

В Сюгджерской НГО доказано распространение ботуобинского, талахского и, возможно, вилучанского продуктивных горизонтов.

Наибольшие перспективы нефтегазоносности связывают с **ботуобинским продуктивным горизонтом**, который прослеживается в виде узкой полосы шириной 20–40 км вдоль западного борта Тюянской полувпадины (рис. 4). Глубина кровли горизонта с запада на восток меняется от 2600 до 3900 м.

В зонах выклинивания (Онкучахская площадь) горизонт представлен песчаниками разномерными, глинистыми, тонкослоистыми, прослоями с мелкой галькой зеленовато-серых аргиллитов.

Максимальные толщины ботуобинского горизонта (более 25 м) вскрыты на Садынской и Накынской площадях, где он представлен мелко-, среднезернистыми и реже средне-крупнозернистыми песчаниками на порово-базальном, глинисто-доломитовом, контактовом регенерационном кварцевом и пятнистом пойкилитовом ангидритовом цементе с небольшой примесью темно-коричневого битума. Встречаются также гальки и гравий алевролитов и аргиллитов зеленовато-серых алевритистых. Текстура породы массивная или тонкогоризонтально-слоистая. Породы плотные, крепкие.

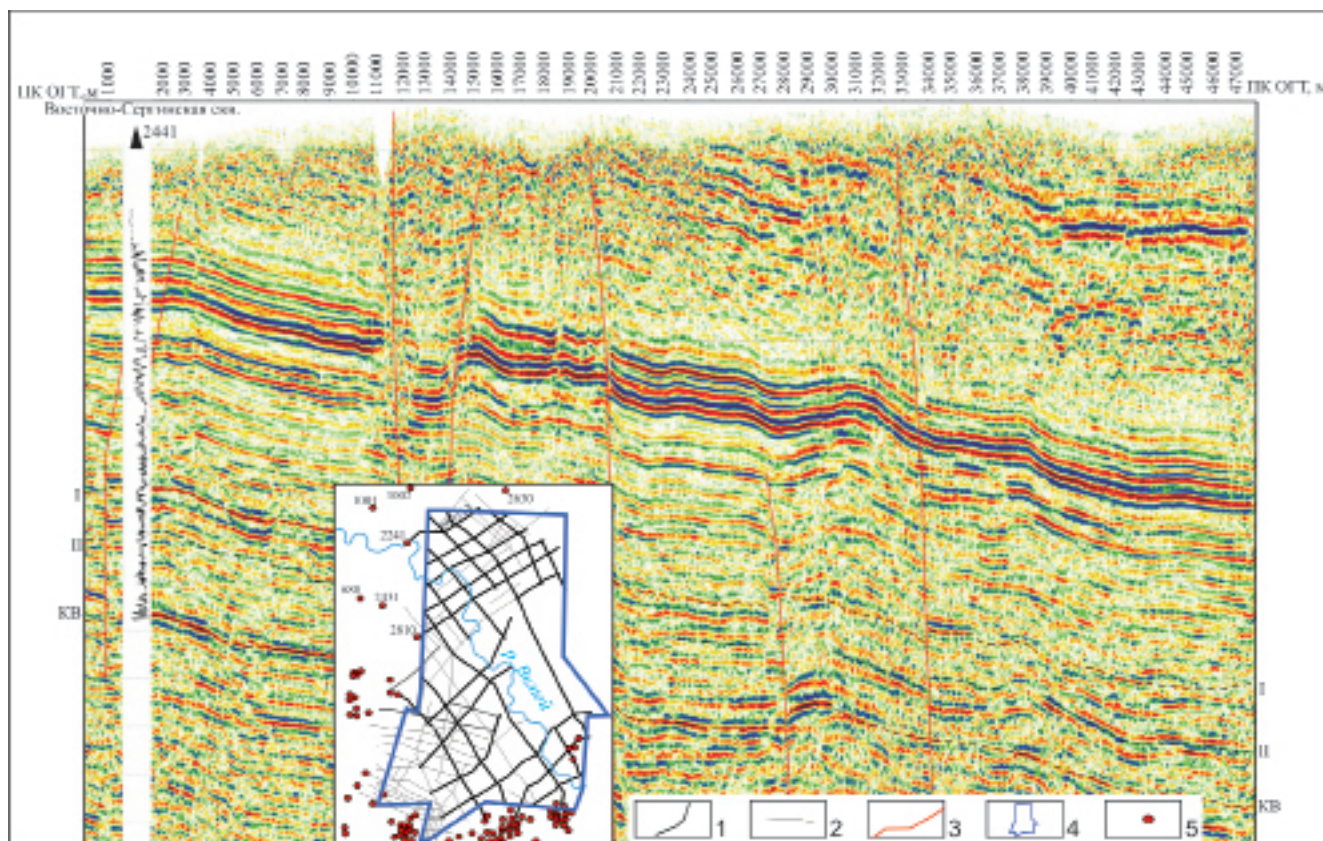


Рис. 1. Мигрированный временной разрез 060113 (по А. А. Евграфову и др., 2013)



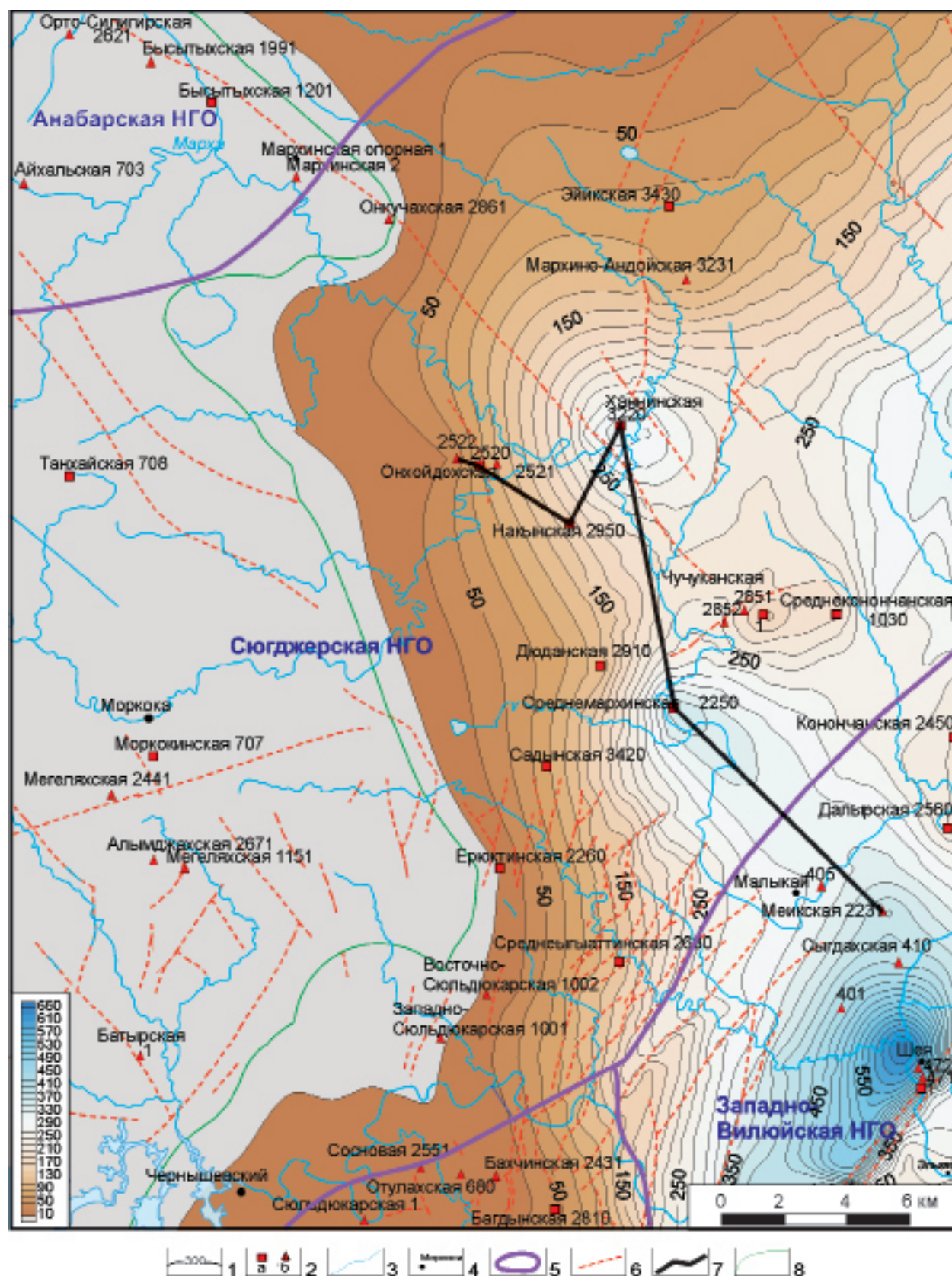
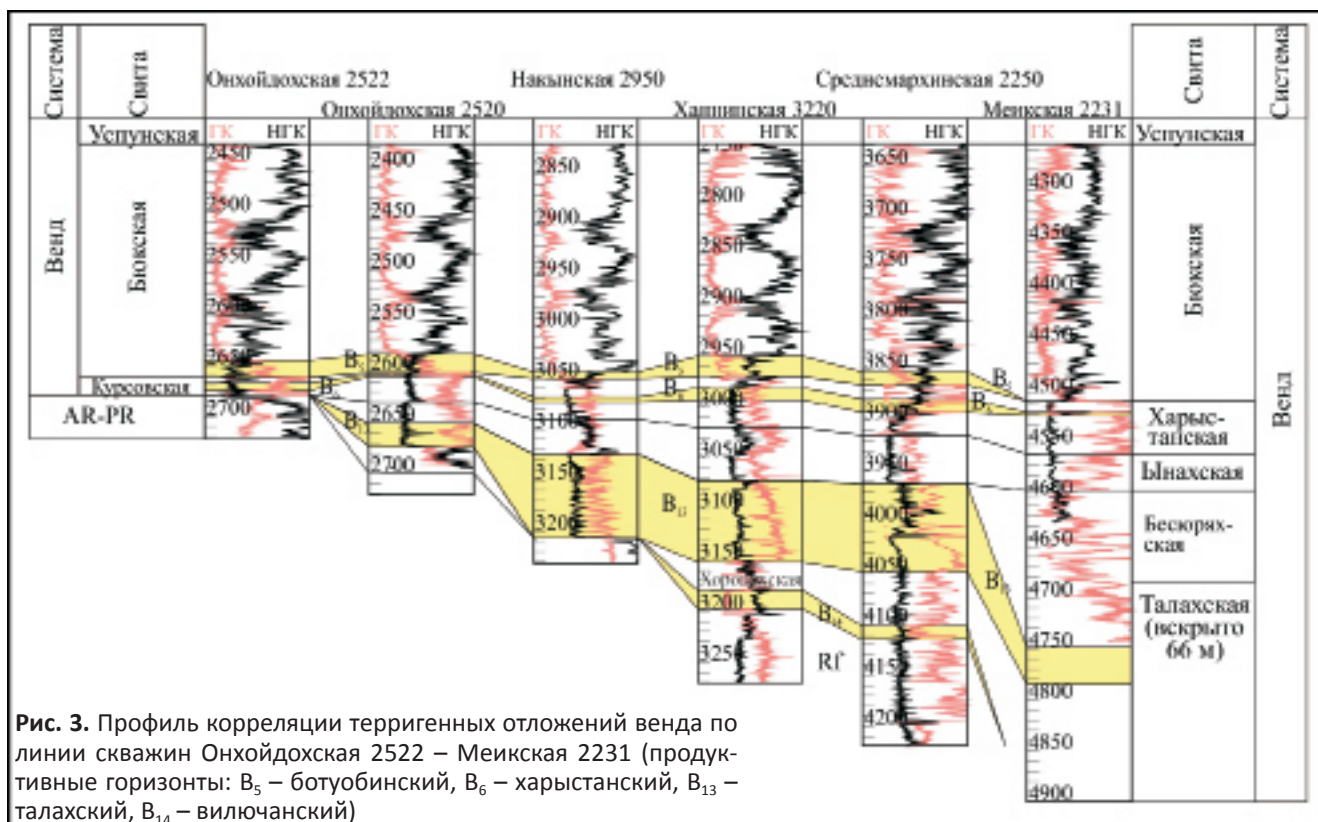


Рис. 2. Карта толщин непского регионального горизонта на востоке Сюджерской НГО

1 – изопахиты; 2 – скважины: а – параметрические, б – поисковые; 3 гидросеть; 4 – населенные пункты; 5 – границы НГО; 6 – разломы; 7 – линия профиля корреляции; 8 – линия выклинивания терригенного венда

В большинстве скважин на свежем скеле керна ощущается запах газоконденсата. В целом доля песчаников в разрезе горизонта может достигать 90 %. В разрезе ботубобинский горизонт имеет ярко выра-

женную линзовидную форму. Здесь горизонт, так же как и в соседнем Ботубобинском нефтегазоносном районе, формировался в условиях баровой системы [5]. Емкостно-фильтрационные свойства пес-



**Рис. 3.** Профиль корреляции терригенных отложений венда по линии скважин Онхойдохская 2522 – Меикская 2231 (продуктивные горизонты:  $B_5$  – ботубинский,  $B_6$  – харыстанский,  $B_{13}$  – талахский,  $B_{14}$  – вилючанский)

чаников, определенных в Онхойдохской скв. 2521, следующие: пористость 6–15 %, проницаемость до  $2,3 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>, нефтенасыщенность 32–48 %.

Ботубинский горизонт опробован на Дюданской, Ерюктинской, Онкухаской, Онхойдохской, Мархинско-Андонойской, Накынской и Эйикской площадях, на остальных площадях опробовался терригенный комплекс целиком. В отдельных случаях опробование осуществлялось совместно с залегающими выше доломитами бюкской свиты.

В Онхойдохской скв. 2521 ботубинский горизонт представлен двумя пластами-коллекторами (2619,0–2622,0 и 2635,0–2637,0 м), разделенными глинистой перемычкой. При проведении ИП в инт. 2593,8–2651 м получен приток пластовой воды (объем 1,6 м<sup>3</sup>, плотность 1277 кг/м<sup>3</sup>) с пленкой нефти. При повторном испытании инт. 2593,8–2651 м при  $H_{\text{дин}} = 1240$  м получено 3,46 м<sup>3</sup>/сут воды с растворенным газом и пленкой нефти.

На других площадях получены притоки воды с растворенным газом (скважины Онкухаская 2861, Мархинско-Андоная 3231, Дюданская 2910).

Южнее Накынской площади региональный флюидоупор над карбонатными и терригенными отложениями венда представлен галогенно-карбонатными породами юрегинской свиты нижнего кембрия (аналог верхнеусольской подсвиты), пласты каменной соли составляют здесь до половины мощности свиты. Севернее (от Онхойдохской до Эйикской площади) каменная соль как региональный флюидоупор в кембрийских отложениях отсутствует, а юрегинская свита замещается бессолевыми сыдахской. В отсутствии регионального флюидоупора

субэкраном для ботубинского горизонта служат породы бюкской свиты, представленные доломитами от тонко- до мелкозернистых с обильными стяжениями магнезита, ангидритистые, прослоями глинистые, кремнистые с многочисленными микростилолитовыми швами. На Мархинско-Андонойской площади доломиты разбиты закрытыми субвертикальными трещинами, на стенках которых присутствуют примазки темно-коричневого битума с запахом газоконденсата.

Результаты испытаний, проведенных ПГО «Ленанефтегазгеология», в целом свидетельствуют о низкой битуминозности терригенных отложений венда в юго-восточной части Сюгджерской НГО. Однако получение подвижной нефти на Онхойдохской площади и достаточно высокие газоподказания, зафиксированные в процессе бурения скважин на данной площади, а также относительно большая толщина отложений (18–22 м) позволяют достаточно высоко оценить перспективы нефтегазоносности терригенных отложений венда в восточной части Сюгджерской НГО (Онхойдохская площадь).

Принимая во внимание активную дизъюнктивную тектонику на востоке Сюгджерской НГО, с уверенностью можно говорить, что недостатка в ловушках нефти и газа здесь не будет. Это дает возможность высоко оценить перспективы нефтегазоносности территории на открытие месторождений углеводородов в ботубинском горизонте.

**Талахский горизонт** приурочен к талахской свите венда. В Сюгджерской НГО горизонт вскрыт в 11 скважинах, в западной ее части отсутствует.



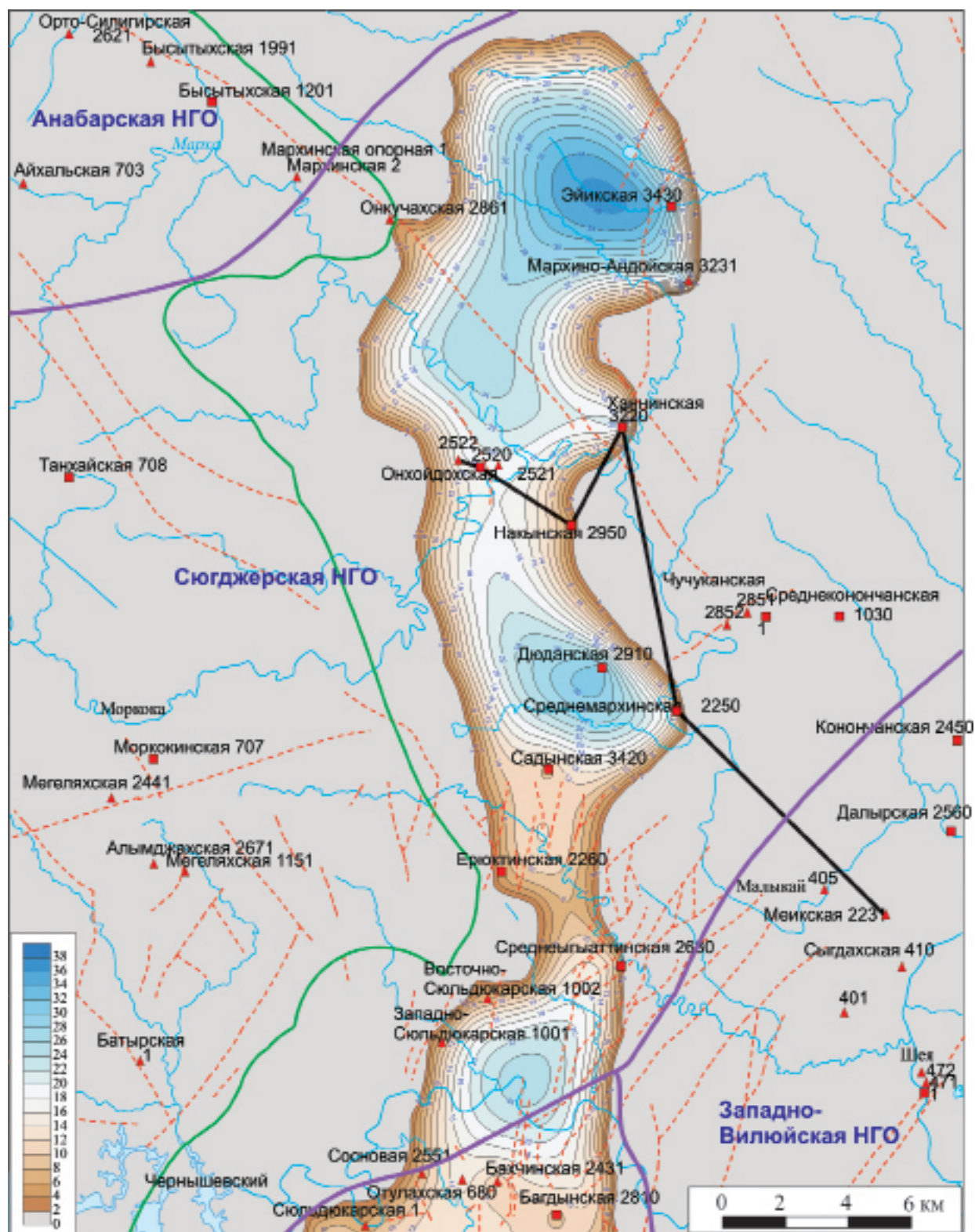


Рис. 4. Карта толщин ботубобинского продуктивного горизонта

Усл. обозн. см. на рис. 2

Максимальная его толщина в Онхойдохской скв. 2520 составляет 66 м (рис. 3, 5).

Талахский горизонт представлен грубозернистыми, плохо отсортированными песчаниками и гравелитами. Для верхней и нижней частей горизонта типичны лучшие характеристики петрофизических параметров. Горизонт формировался в период трансгрессии морского бассейна. Кластиче-

ский материал переносился аллювиально-пролювиальными потоками с выступов гранитогнейсового фундамента Сюджерской седловины и Анабарской антеклизы. Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что наиболее благоприятные условия для формирования залежей углеводородов в талахском горизонте связаны с территорией распространения пролювиально-аллювиальных и мел-



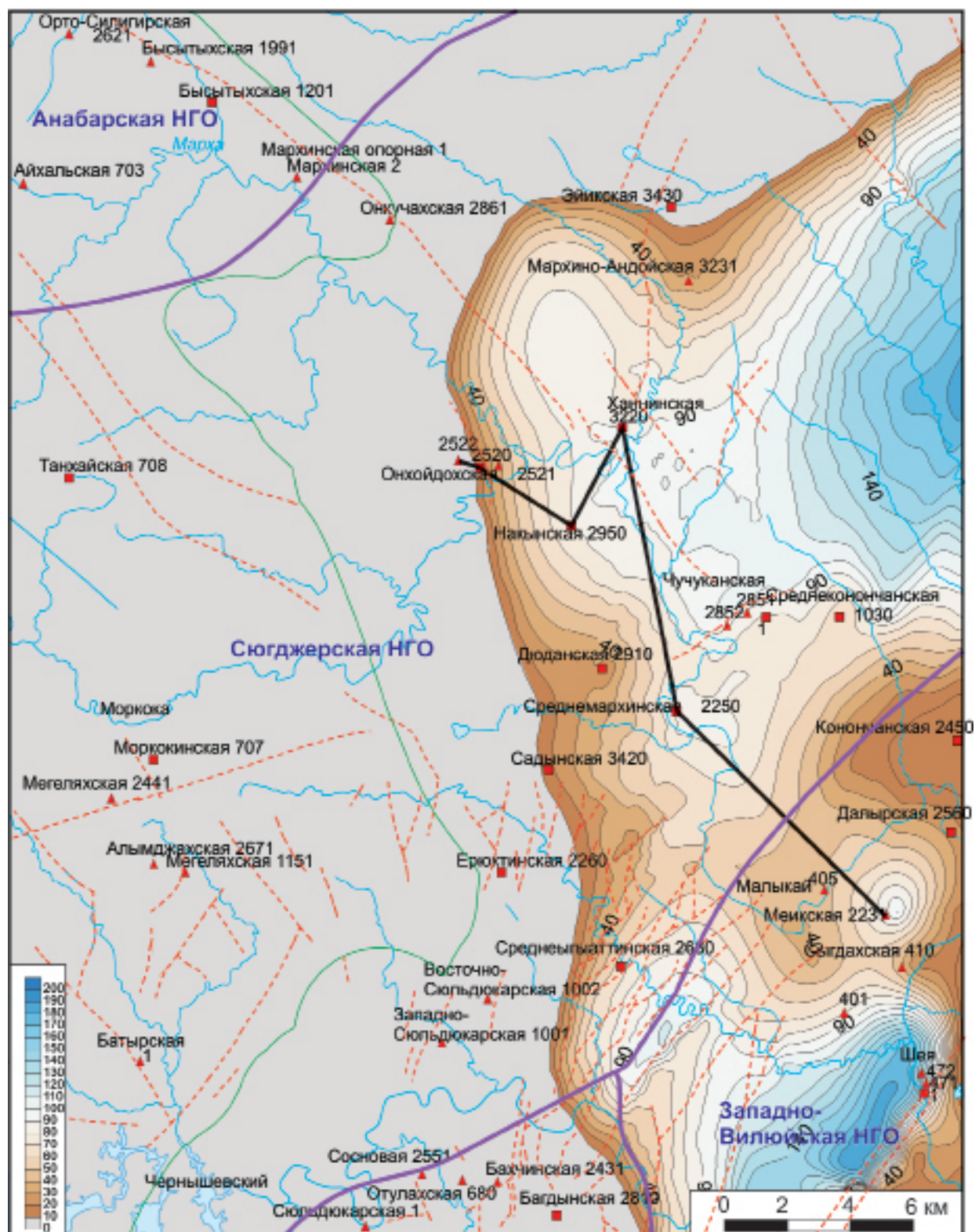


Рис. 5. Карта толщин талахского продуктивного горизонта

Усл. обозн. см. на рис. 2

ководно-морских осадков с толщинами горизонта до 20 м [10]. По результатам петрофизического анализа керн и шлама общая пористость этих отложений в Среднемархинской скв. 2250 (инт. 4001–4003, 4005–4012 м) достигает 13 %, что позволяет выделить здесь два водонасыщенных пласта-коллектора гранулярного типа, при испытании которых получен приток воды дебитом 15,7 м<sup>3</sup>/сут. Водонасыщенные

коллекторы толщиной 6,2 м в талахском горизонте выделены также в Эйикской скв. 3430.

Южнее, в Непско-Ботубинской НГО талахский горизонт распространен практически повсеместно, исключая северо-западную часть. Коллекторы в нем развиты локально (в сводовых частях структур) и имеют незначительную мощность. Главная зона развития коллекторов – ближайшее обрамление



палеосуши, особенно в районах развития отложенных прибрежно-морской зоны, где песчаники горизонта наиболее хорошо отсортированы и содержат минимальное количество глинистого цемента. Распространение этой зоны, видимо, будет совпадать с зоной развития отложений ботубинского горизонта.

Покрышкой для потенциальных залежей УВ могут служить глинистые породы арылахской пачки. В разрезе самого горизонта также присутствуют локальные экраны.

Все сказанное позволяет предположить, что на территории Сюджерской НГО в талахском горизонте могут быть выявлены мелкие литологически и тектонически экранированные залежи. Возможно, что в восточной части НГО в связи с более благоприятными литологическими условиями отложения талахского горизонта будут играть большую роль в нефтегазоносности вендского терригенного комплекса.

**Вилучанский продуктивный горизонт** распространен на востоке Тюкянской полувпадины на глубинах от –3400 м до –5000 м. Горизонт вскрыт на Ханнинской и Среднемархинской площадях, где сложен песчаниками разнотекстурными гравелитистыми до гравелитов песчаных на глинистом цементе или мелкозернистыми песчаниками с участками переслаивания песчаников и аргиллитов.

**Венд-нижнекембрийский подсолевой карбонатный комплекс** имеет региональное распространение. В нем выделяются юрхский и осинский продуктивные горизонты.

С учетом литологических особенностей строения осинский горизонт разделяется на две части: верхнюю (О-I) и нижнюю (О-II).

Пласт О-II по литологическим и петрофизическим параметрам аналогичен нижележащему юрхскому горизонту. Пласт О-I имеет ряд принципиальных отличий. Литологически он представлен переслаиванием водорослевых и оолитовых известняков и доломитов, образующих протяженные сложно построенные биостромные массивы. Немаловажную роль в формировании фильтрационно-емкостных свойств пласта играет трещиноватость.

Закономерности распространения карбонатных коллекторов к настоящему времени изучены слабо, четких критериев для их прогнозирования нет. Можно предположить, что в наиболее приподнятых частях Сюджерской НГО будут развиты кавернозно-трещиноватые коллекторы. Распространение коллекторов на осинско-юрхском уровне контролируется, видимо, их приуроченностью к тектоническим мобильным зонам, в пределах которых карбонатные породы неоднократно выводились в приповерхностные условия. К таковым относится северо-восточная часть рассматриваемой территории, тяготеющая к Вилучанско-Мархинской системе разломов. Региональный флюидоупор, представленный пластами каменной соли юрегинской сви-

ты, присутствует только южнее Накынской площади, что существенно снижает перспективы нефтегазоносности отложений.

По данным испытаний на осинско-юрхском уровне пласты-коллекторы водонасыщены, а в ряде скважин (Эйикской 3430, Мархинско-Андонойской 3231 и др.) уплотнены.

**Нижне-среднекембрийский карбонатный комплекс** восточных районов Сюджерской НГО расположен в Турухано-Иркутско-Олекминском, Юдомо-Оленекском и Анабаро-Синском фациальных регионах [8, 9]. Первый интерпретируется как лагунно-шельфовая область, второй – как область открытого мелкого моря, а третий – как зона крайнего мелководья. Главным структурным элементом Анабаро-Синского фациального региона является ранне-среднекембрийская Западно-Якутская барьерная рифовая система.

В соленасыщенной части разреза нижнего и среднего кембрия (Турухано-Иркутско-Олекминский фациальный регион) в Ангара-Ленской и Непско-Ботубинской НГО обнаружены несколько продуктивных горизонтов (атовский, христофоровский и др.). Коллекторы межсолевых горизонтов не выдержаны по площади, что снижает перспективы их нефтегазоносности.

В ичерской и метегерской свитах ( $E_2$ , верхи нижнего отдела тойонского – амгинский ярус) выявлены карбонатные коллекторы с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами, однако признаков их нефтенасыщения не найдено. Из залегающих выше отложений олекминской и эльганской свит в Онхойдохской скв. 2522 при бурении получены притоки газированной воды с пленкой нефти.

В известняках пестроцветных глинистых и мергелях сыгдахской свиты ( $E_2$ , томмотский и атдабанский ярусы – аналог средне- и верхнеусольской подсвит и юрегинской свиты) включений битумов не обнаружено. Косвенные признаки их наличия выражены здесь в коричневой окраске пятнисто-полосчатых светло-серых известняков, в налетах и примазках черного органического вещества по плоскостям наложения и стилолитовым швам, в запахе битума.

Значительно более перспективными могут быть отложения среднего кембрия в Юдомо-Оленекском и Анабаро-Синском фациальных районах Сюджерской НГО.

С начала майского века на большей южной части Сибирской платформы на территории бывшего солеродного бассейна до системы кембрийских барьерных рифов устанавливается континентальный режим, зафиксированный предверхоленским перерывом в осадконакоплении. В открытых морях за пределами системы кембрийских барьерных рифов продолжается осадконакопление, формируются рифовые пояса, отдельные банки и рифы. В майском регрессирующем бассейне накапливается огромная масса обломочного органогенно-

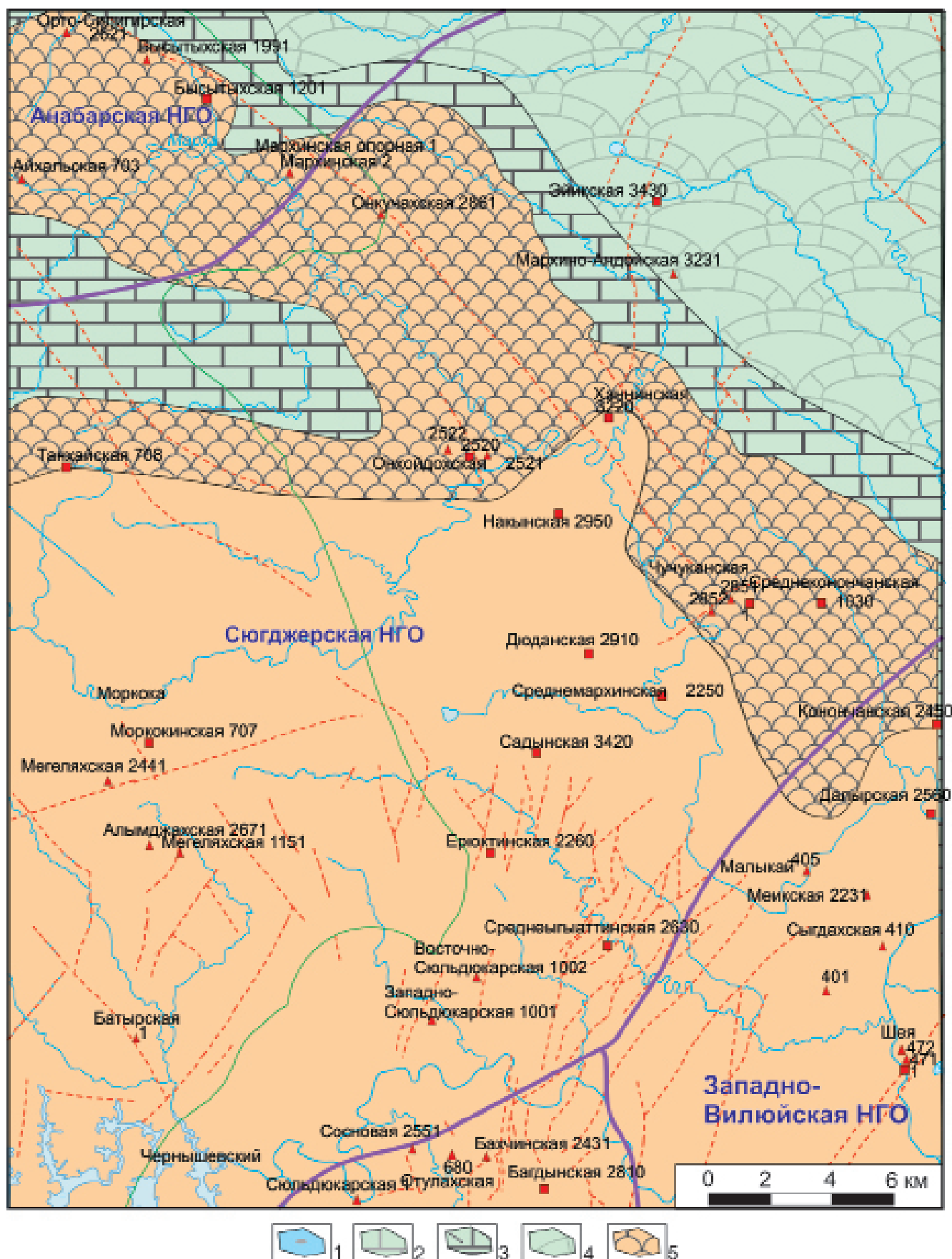


Рис. 6. Палеогеографическая схема Сюджерской НГО в майском веке

1 – открытое море, относительно глубокое; мелкое море: 2 – область накопления карбонатных и сульфатно-карбонатных илов, 3 – область накопления хемогенно-биогенных карбонатных илов, 4 – область накопления обломочных карбонатных илов клиноформного типа; 4 – ранне-среднекембрийская Западно-Якутская барьерная рифовая система на границе всхолмленной суши и открытого моря. Остальные усл. обозн. см. на рис. 2