

О значении седиментационно-тектонических процессов для строения крупных объектов в пространстве и времени

Андреева Е.Е.¹, Баранова А.Г.¹, Хазиев Р.Р.¹, Валеева С.Е.^{1,2}, Анисимова Л.З.¹, Валеева А.В.³, Хайрtdинов Р.К.⁴

¹Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, Россия, ²Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия,

³Институт «ТатНИПИнефть», Бугульма, Россия, ⁴ЗАО «Предприятие Кара-Алтын», Альметьевск, Россия

ae8277@rambler.ru

Аннотация

В работе обсуждаются результаты палеотектонического анализа ряда нефтяных поднятий месторождения, расположенного в северной части Ульяновской гряды на территории Республики Татарстан. Для определения истории развития осадочных толщ использован метод изопакхического треугольника. Метод позволяет восстановить общий ход событий и проследить объекты исследования в разные моменты геологического времени. Набор палеоструктурных карт, построенных в пределах месторождения, сведен в общую схему, позволяющую проследить тектонические перестройки, характерные для начала нижнекаменноугольного времени. Благодаря изопакхическому треугольнику карт нами получена информация о структурных формах и палеотектонике в разные интервалы геологического времени в пределах месторождения, но недостаточно крупного для того, чтобы делать выводы о региональных перерывах, с которыми можно связать значимые тектонические движения.

Материалы и методы

В работе использовались структурные поверхности, полученные от верейской, башкирской, тульской, бобриковской, турнейской поверхностей; а также карты изопакхит, построенные между изучаемыми поверхностями. Все построения выполнены по данным, полученным в результате интерпретации скважинных

геолого-геофизических исследований и результатам сейсморазведочных работ.

Ключевые слова

изопакхический треугольник, структурные карты, карты изопакхит, палеоструктурный анализ

Для цитирования

Андреева Е.Е., Баранова А.Г., Хазиев Р.Р., Валеева С.Е., Анисимова Л.З., Валеева А.В., Хайрtdинов Р.К. О значении седиментационно-тектонических процессов для строения крупных объектов в пространстве и времени // Экспозиция Нефть Газ. 2024. № 1. С. 10–14. DOI: 10.24412/2076-6785-2024-1-10-14

Поступила в редакцию: 12.01.2024

GEOLOGY

UDC 550.8.052 | Original Paper

On the significance of sedimentation-tectonic processes for the structure of large objects in space and time

Andreeva E.E.¹, Baranova A.G.¹, Khaziev R.R.¹, Valeeva S.E.^{1,2}, Anisimova L.Z.¹, Valeeva A.V.³, Khairtdinov R.K.⁴

¹Research institute for problems of ecology and mineral wealth use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia,

²Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia,

³Tatar Oil Research and Design Institute (TatNIPIneft) of TATNEFT PJSC, Bugulma, Russia, ⁴“Kara-Altyn Enterprise” CJSC, Almetyevsk, Russia

ae8277@rambler.ru

Abstract

The paper discusses the results of paleotectonic analysis of a number of oil uplifts of a field located in the northern part of the Ulyanovsky ridge on the territory of Tatarstan Republic. To determine the history of the development of sedimentary strata, the method of the isopachic triangle was used. The method allows you to restore the general course of events and trace the objects of research at different points in geological time. A set of paleostructural maps constructed within the deposit is summarized in a general scheme that allows us to trace the tectonic rearrangements characteristic of the beginning of the Lower Carboniferous time. According to isopachic triangle of maps, we have obtained information about structural forms and paleotectonics at different time intervals of geological time within the field, but not large enough to draw conclusions about regional interruptions with which significant tectonic movements can be associated.

Materials and methods

The structural surfaces obtained from the Vereyan, Bashkirian, Tulian, Bobrikovsky and Tournaiyan surfaces were used in the work; as well as isopachite maps constructed between the studied surfaces. All constructions are made according to the data obtained as a result of

the interpretation of borehole geological and geophysical studies and the results of seismic surveys.

Keywords

isopachic triangle, structural maps, isopachite maps, paleostructural analysis

For citation

Andreeva E.E., Baranova A.G., Khaziev R.R., Valeeva S.E., Anisimova L.Z., Valeeva A.V., Khairtdinov R.K. On the significance of sedimentation-tectonic processes for the structure of large objects in space and time. Exposition Oil Gas, 2024, issue 1, P. 10–14. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2024-1-10-14

Received: 12.01.2024

Введение

Палеотектонический анализ играет ведущую роль в определении палеотектонических факторов в распределении залежей нефти и газа по разрезу и по площади, и в концентрации залежей по запасам, и в фазовом равновесии нефтегазовых систем и локальных структур, и в выделении благоприятных условий образования ловушек углеводородов.

Особый интерес представляют палеоструктурные карты, построенные как карты толщин. Интерпретация таких карт основана на представлении о компенсации погруженного дна бассейна осадконакоплением, а мощности отложений являются показателями интенсивности погружения, а значит, и наличия тектонических движений. Корреляция разрезов в подавляющем большинстве случаев позволяет точно установить существование того или иного фактора или исключить его.

Объект исследования

В качестве объекта исследования выбрано месторождение на территории Республики Татарстан (по согласованию с недропользователем название месторождения не разглашается). Месторождение расположено в северной части Ульяновской гряды, а с востока поджимается Кузайкинский разлом, который в значительной степени осложнил тектоническое строение территории, а значит, и его изучение (рис. 1).

На площади исследования наблюдаются характерные для Поволжья разрозненные глубокие предтиманопашийские, предниженекаменноугольные, предверейские врезы и зоны замещений коллектора, что делает объект интересным в плане изучения. Ритмичное развитие геологических процессов периодически выводит толщи пород из-под уровня моря и подвергает их эрозии, а в процессе последующего погружения они разрушаются интенсивным воздействием волн [2].

Карты толщин строились между стратиграфическими поверхностями турнейского и башкирского ярусов, бобриковского, тульского и верейского горизонтов, которые уверенно прослежены по результатам геофизических исследований и увязаны с данными бурения.

Для определения последовательности развития поверхностей при построении палеоструктурных карт использовался метод Е.Н. Пермякова и Ю.А. Каравашкиной [1, 3–7]. Метод получил название изопактического треугольника. Он позволяет восстановить общий ход событий и проследить те подвижки, которые вели к формированию локальных структур в разные моменты времени. В основе метода «треугольников» лежит возможность решения задач стратиграфического расчленения, стратиграфической корреляции, фациального и комплексного палеотектонического анализа.

Принцип метода заключается в выделении и прослеживании участков депрессии, то есть мест, где было прогибание территории, которое привело к увеличению мощности осадков и наоборот. Карты, собранные в «треугольник», анализировались по горизонтали, вертикали и диагонали.

По горизонталям выбирался нужный структурный план и прослеживалась его форма в каждое время. Такой анализ полезен на стадии поисков и позволяет понять, раскрывалась ли структура на момент формирования нефти.

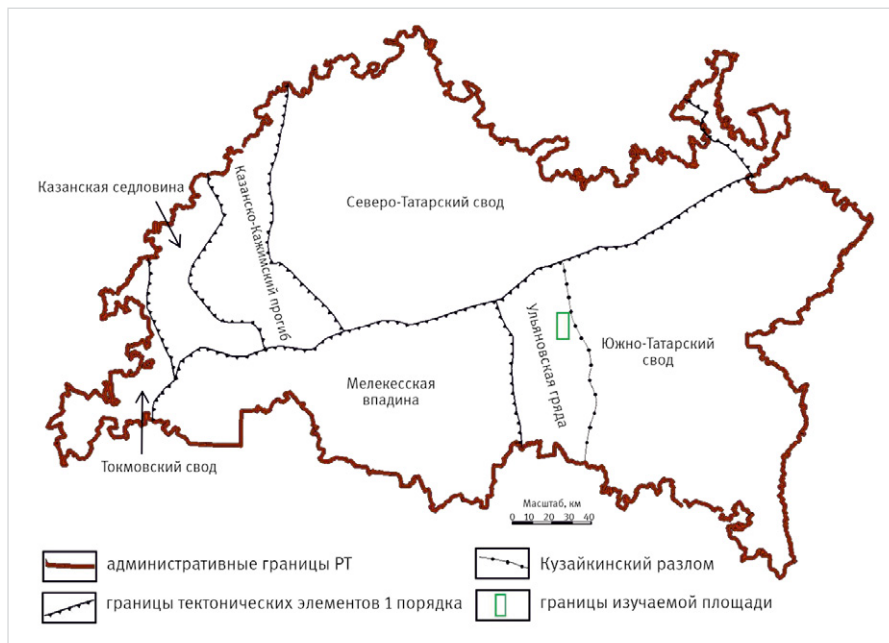


Рис. 1. Тектоническая схема РТ. Масштаб 1:2 500 000

Fig. 1. Tectonic scheme of the Tatarstan Republic. Scale 1:2 500 000

При составлении структурных карт учитывалась история геологического развития и закономерности, характерные для данной территории, что исключило многовариантность структурных построений и должно повысить эффективность разведочного бурения. Немаловажную роль играло правильное представление о простирации осей поднятия и соответствие структурных планов в разные отрезки геологического времени. Учитывая сложность геологического строения месторождения и недопустимость неоднозначности трактовки данных сейсморазведки на аномальных участках месторождения, дополнительно привлекались материалы легких геофизических методов.

Набор карт был сведен в общую схему:

- 1;
- 2; 2.1;
- 3; 3.1; 3.2;
- 4; 4.1; 4.2; 4.3
- 5; 5.1; 5.2; 5.3; 5.4.

Под номерами 1, 2, 3, 4, 5 располагаются карты, отражающие современный структурный план турнейского и башкирского ярусов, бобриковского, тульского и верейского горизонтов (рис. 2).

Карты изопакит строились между структурными поверхностями, которые отображены на картах (1; 2; 3; 4; 5).

В результате были получены десять производных карт, которые представлены на рисунке 2. Это карты толщин между турнейской поверхностью и вышележащими поверхностями (5.1; 5.2; 5.3; 5.4); карты толщин между бобриковской поверхностью и вышележащими отложениями (4.1; 4.2; 4.3); карты толщин между тульской поверхностью и вышележащими отложениями (3.1; 3.2) и карта толщин между башкирской и вышележащей верейской поверхностью (2.1).

Расположение карт по методу изопактического треугольника позволяет проанализировать закономерности изменения структуры поверхности, построенных по основным для данной территории поверхностям, на момент геологического времени формирования локальных структур, а также предположить

направление миграции нефти под влиянием тектонических процессов.

Общепринято считать, что одной из причин изменения толщин является резкое изменение условий осадконакопления. В основе анализа мощностей лежит представление о компенсации погружения дна бассейна осадконакоплением. На этом основании мощности отложений являются показателями скорости и интенсивности погружения дна бассейна, а значит, и скорости тектонических движений, вызвавших это погружение. Отсюда следует, что участки поверхности, характеризующиеся на карте минимальными значениями мощностей какого-то определенного стратиграфического интервала, соответствуют древним приподнятым зонам, и наоборот, участки повышенных мощностей соответствуют древним погруженным зонам, если наблюдаем резкое изменение толщин, то, очевидно, присутствовали и тектонические подвижки.

По горизонталям выбирался нужный структурный план и прослеживалась его форма в каждое время. Такой анализ полезен на стадии поисков и помогает понять, как ведет себя структура на момент формирования в ней нефти.

Рассматривая карты по горизонтали (5; 5.1; 5.2; 5.3; 5.4; 5.5), проследим условия залегания турнейских отложений (карта 5) к концу более «молодых» времен (рис. 2).

Соответственно, следующие горизонтальные ряды позволяют проследить условия залегания бобриковских, тульских, башкирских и верейских отложений в разное геологическое время. Анализируя карту толщин (5.1) кровли турнейского яруса к концу бобриковского времени, видим, что вся площадь месторождения была покрыта мелким морем с отчетливыми врезными зонами, которые свидетельствуют о тектонической перестройке и резком изменении климатических условий, характерных для предниженекаменноугольного времени. Глубина бобриковского моря в районе изучаемого месторождения колебалась от 10 до 20 метров, а в пониженных участках структурной поверхности

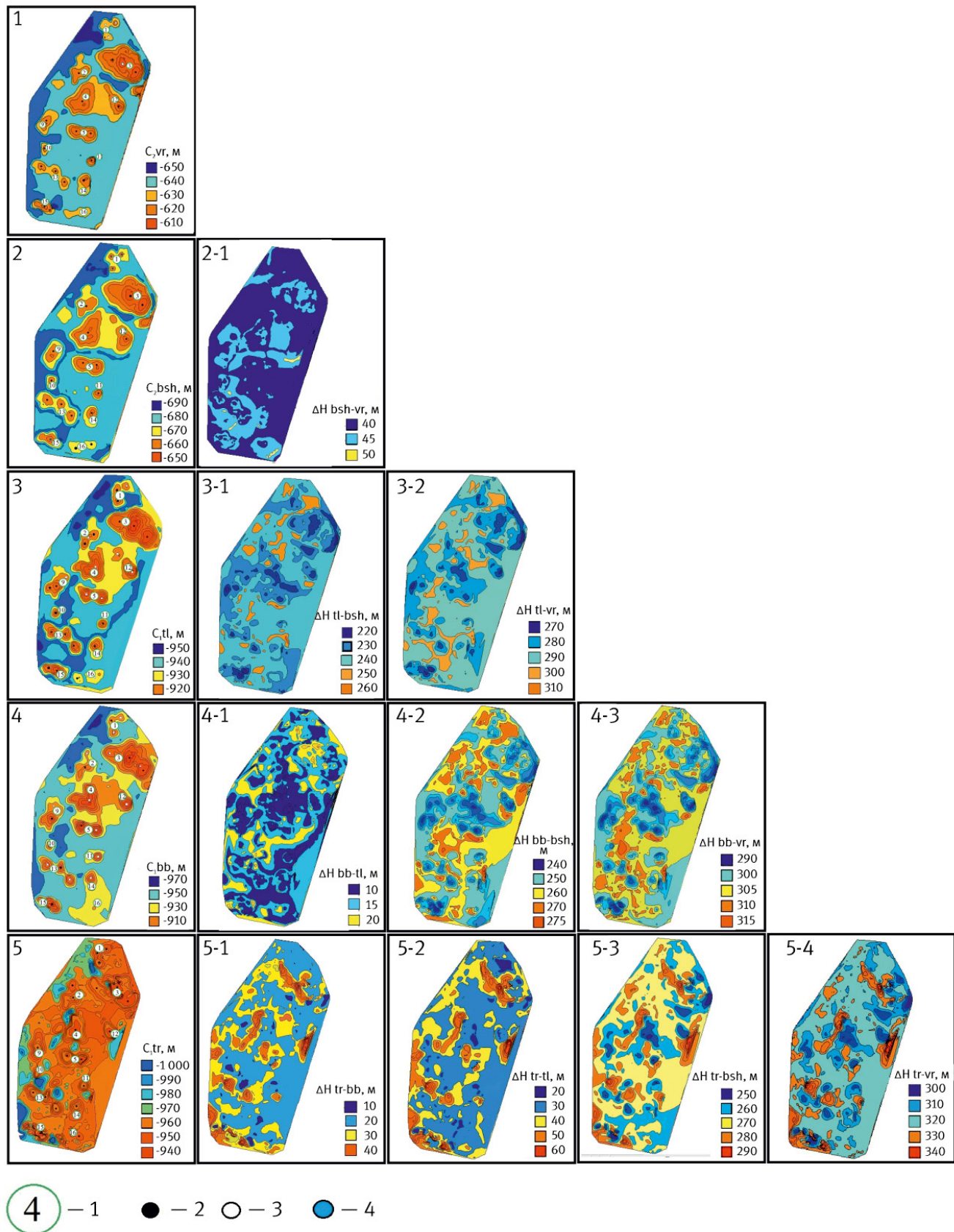


Рис. 2. Карты, построенные по методу изопачического треугольника: 1 – номер поднятия, 2 – нефтеносные поднятия, 3 – «пустые» поднятия, 4 – водоносные поднятия. Масштаб 1:500 000
 Fig. 2. Maps constructed using the isopachic triangle method: 1 – number of uplift, 2 – oil-bearing uplifts, 3 – “empty” uplifts, 4 – aquiferous uplifts. Scale 1:500 000

Табл. 1. Величины амплитуд по поднятиям и пластам, м
Tab. 1. Amplitudes of uplifts and formations, m

Поднятия	Пласты				
	C ₂ vr	C ₂ b	C ₁ tl	C ₁ bb	C ₁ t
1	7	10	21	19	26
3	13	18	32	22	39
4	20	26	42	50	47
5	18	25	40	36	43
12	18	17	42	40	37
11	22	20	35	38	45
9	28	25	42	42	53
10	24	23	30	30	35
13	24	24	39	38	43
14	17	19	40	38	42
15	20	29	50	52	55

во врезных зонах толщина достигает 40–50 метров. В тульское время турнейская поверхность после бобрика особых изменений не претерпела, а вот в среднекаменноугольное время появляются очертания поднятий, приближенные к современным структурным поверхностям. В дальнейшем они принимали отчетливую форму, и к современной поверхности амплитуда турнейских поднятий достигает 40 метров и образовавшиеся купола оконтуриваются и становятся залежью.

По картам следующего ряда (4; 4.1; 4.2; 4.3) можно представить бобриковский пласт в тульское время (4.1), где врезные зоны начинают нивелироваться, а на приподнятых участках расплывчато появляются будущие поднятия. Купола поднятий только к среднему карбону (карты 4.2; 4.3) объединены одной замкнутой, и начинает формироваться залежь.

По картам тульского горизонта видно, что поднятия начали формироваться в башкирское время.

Ряд 2,1–1 показывает, что поднятия в основном сформировались к концу башкирского времени. Амплитуды поднятий колебались от 10 до 26 м.

Верхний ряд — это кровля верейского горизонта. Амплитуды поднятий колебались от 13 до 28 м.

Вертикальный ряд (карты 5.1; 4.1; 3.1; 2.1) дает возможность проследить характер тектонических подвижек.

Диагональный ряд (карты 5.4; 4.3; 3.2; 2.1; 1) дает представление о соотношении структурных планов разных горизонтов к концу верейского времени.

По другим диагоналям (карты 5.3; 4.2; 3.1; 2) мы прослеживаем изменение структурных планов горизонтов на конец башкирского времени (карты 5.3; 4.2; 3.1; 2) и на конец тульского времени диагональ (карты 5.2; 4.1; 3).

Результаты анализа:

- современные структурные поверхности сформировались к концу башкирского времени;
- наблюдается соответствие куполов и поднятий по разрезу, направления осей поднятий от поверхностей среднего карбона идеально совпадают как по форме, так и по амплитуде;
- площадь поднятий с глубиной

уменьшается, а крылья становятся круче; на поверхности, полученной от турнейских отложений, видно, что у поднятий сложная конфигурация. Так, по истории формирования третьего поднятия (рис. 2), отчетливо видно на картах толщин Ctl-Cb и Cb-Cbb, оно существует, а на картах Ct-Cbb разбито на мелкие купола со сложной формой, изрезанной врезами и результатами тектонических подвижек;

- амплитуда поднятий увеличивается с глубиной. Было замечено, что если амплитуды поднятия по Ctl и Cbb близки по величине или в Cbb амплитуда на поднятии ниже, то в бобриковских отложениях по данным бурения отмечается зона отсутствия пород коллекторов (табл. 1).

Итоги

Карты, построенные по методу изопахического треугольника, собранные в определенную схему и проанализированные по горизонтали, вертикали и диагонали, позволили оценить поднятия по форме и амплитуде в каждом геологическом времени и проследить, когда сформировалась структура.

Участки карты, которые характеризуются малыми значениями мощностей, определенного временного интервала, соответствуют древним приподнятым участкам и наоборот. Благодаря изопахическому треугольнику карт мы получили информацию о структурных формах, тектонической жизни в разные временные интервалы геологического времени месторождения, но недостаточно крупного для того, чтобы делать выводы о региональных перерывах, с которыми можно связать значимые тектонические движения.

Все поднятия имеют северо-западное, северное и за редким исключением западное направление. Это в полной мере отвечает тому, что Кузайкинский грабенобразный прогиб в реальности сложен системой мелких и разнориентированных синклиналиных звеньев вдоль линии разломных зон [8].

Выводы

При изучении преобразований в разное геологическое время выполнены работы по анализу осадочного чехла. Для этого в последовательных рядах структурных карт и мощностей выявлены закономерности в изменении анализируемых поверхностей

в разные моменты, во время которых формировались ловушки углеводородов, и как они в дальнейшем видоизменялись.

При наборе статистики возможно будет получить дополнительную информацию об условиях формирования ловушек нефти и зонах отсутствия коллекторов. Этот метод может быть использован как дополнительный при решении задач поисков нефти и газа.

Литература

1. Белоусов В.В. Мощность отложений как выражение режима колебательных движений земной коры // Советская геология. 1940. №№ 2–3. С. 14–28.
2. Буров Б.В. Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника. М.: ГЕОС, 2003. 402 с.
3. Гарецкий Р.Г., Яншин А.Л. Тектонический анализ мощностей // Методы изучения тектонических структур. М.: АН СССР, 1960. С. 115–166.
4. Машкович К.А. Метод палеотектонических исследований в практике поисков нефти и газа. М.: Недра, 1976. 221 с.
5. Ожгибесов В.П. Стратиграфические индексы общих, региональных и местных стратиграфических подразделений. Пермская система: стратиграфия, палеонтология, палеогеография, геодинамика и минеральные ресурсы, 2011. Пермь: Пермский государственный университет, 2011. С. 155–158.
6. Ожгибесов В.П. Палеоструктурный анализ. Пермь: Пермский государственный университет, 2019. 44 с.
7. Андреева Е.Е., Баранова А.Г., Хазиев Р.Р., Валеева А.В., Хайртдинов Р.К., Ионов Г.М. О значении седиментационно-тектонических процессов для строения локальных поднятий в пространстве и времени // Экспозиция Нефть Газ. 2023. № 2. С. 13–16.
8. Ларочкина И.А. Геологические основы поисков и разведки нефтегазовых месторождений на территории Республики Татарстан. Казань: ПФ Гарт, 2008. 210 с.

Results

The maps constructed according to the isopachic triangle method, assembled into a certain scheme and analyzed horizontally, vertically and diagonally allowed us to estimate the uplifts in shape and amplitude in each geological time and to trace when the structure was formed.

Sections of the map that are characterized by small values of capacities, a certain time interval, correspond to ancient elevated sections and vice versa.

According to the isopachic triangle of maps, we received information about the structural forms, tectonic life in different time intervals of the geological time of the deposit, but not large enough to draw conclusions about regional interruptions with which significant tectonic movements can be associated.

All uplifts have a north-western, northern and, with rare exceptions, a western direction, this fully corresponds to the fact that the

Kuzaikinsky graben-shaped deflection in reality is composed of a system of small and differently oriented synclinal links along the fault zone line [8].

Conclusions

When studying transformations at different geological times, work was carried out on the analysis of the sedimentary cover for this purpose, in successive rows of structural and capacity maps, patterns were revealed in the change of the analyzed surfaces at different moments of geological time in which hydrocarbon traps were formed and how they were further modified.

When collecting statistics, it will be possible to obtain additional information about the conditions of the formation of oil traps and the areas of absence of reservoirs. This method can be used as an additional one when solving problems of oil and gas exploration.

References

1. Belousov V.V. The thickness of deposits as an expression of the mode of oscillatory movements of the Earth crust. Soviet Geology, 1940, issue 2–3, P. 14–28. (In Russ).
2. Burov B.V. Geology of Tatarstan: Stratigraphy and tectonics. Moscow: GEOS, 2003, 402 p. (In Russ).
3. Garetsky R.G., Yanshin A.L. Tectonic power analysis. Methods for studying tectonic structures. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1960, P. 115–166. (In Russ).
4. Mashkovich K.A. Methods of paleotectonic research in the practice of oil and gas exploration. Moscow: Nedra, 1976, 221 p. (In Russ).
5. Ozhgibesov V.P. Stratigraphic indices of general, regional and local stratigraphic units: Perm system. Stratigraphy, paleontology, paleogeography, geodynamics and mineral resources. Perm: Perm State University, 2011, P. 155–158. (In Russ).
6. Ozhgibesov V.P. Paleostuctural analysis. Perm: Perm State University, 2019, 44 p. (In Russ).
7. Andreeva E.E., Baranova A.G., Khaziev R.R., Valeeva A.V., Khairtdinov R.K., Ionov G.M. On the significance of sedimentation-tectonic processes for the structure of local uplifts in space and time. Exposition Oil Gas, 2023, issue 2, P. 13–16. (In Russ).
8. Larochkina I.A. Geological foundations of prospecting and exploration of oil and gas fields on the territory of the Republic of Tatarstan. Kazan: PF Garth, 2008, 210 p. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Андреева Евгения Евгеньевна, старший научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, Россия

Для контактов: ae8277@rambler.ru

Баранова Анна Геннадьевна, старший научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, Россия

Хазиев Радмир Римович, научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, Россия

Валеева Светлана Евгеньевна, научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, Россия

Анисимова Лилия Закувановна, научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, Россия

Валеева Анна Валентиновна, заведующий сектором института, «ТатНИПИнефть», ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, Бугульма, Россия

Хайрtdinov Руслан Камилевич, заместитель генерального директора, главный геолог, ЗАО «Предприятие Кара-Алтын», Альметьевск, Россия

Andreeva Evgeniya Evgenievna, senior researcher at the laboratory of geological and ecological modeling, Research institute for problems of ecology and mineral wealth use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia

Corresponding author: ae8277@rambler.ru

Baranova Anna Gennadievna, senior researcher at the laboratory of geological and ecological modeling, Research institute for problems of ecology and mineral wealth use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia

Khaziev Radmir Rimovich, researcher at the laboratory of geological and ecological modeling, Research institute for problems of ecology and mineral wealth use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia

Valeeva Svetlana Evgenievna, researcher at the laboratory of geological and ecological modeling, Research institute for problems of ecology and mineral wealth use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia

Anisimova Lilia Zakuvanovna, researcher at the laboratory of geological and ecological modeling, Research institute for problems of ecology and mineral wealth use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan, Russia

Valeeva Anna Valentinovna, head of the sector, Tatar oil research and design Institute (TatNIPIneft) of TATNEFT PJSC, Bugulma, Russia

Khairtdinov Ruslan Kamilevich, deputy general director, chief geologist, “Kara-Altyn Enterprise” CJSC, Almet'yevsk, Russia