Анализ статистических значений между структурными поверхностями на тестовом участке с целью увеличения достоверности ГРР

Анисимова Л.З.¹, Колузаева К.Ю.¹, Анисимова Л.Г.²

¹Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, Россия, ²Институт экологии Российского университета дружбы народов, Москва, Россия anislz@mail.ru

Аннотация

Данная статья посвящена проблемам повышения степени достоверности структурных построений на месторождениях на основе использования методов изопахического треугольника и анализа коэффициентов корреляции структурных планов. В ходе работы над статьей был проведен анализ статистических значений структурных поверхностей осадочных образований тестируемого участка в юго-восточной части РТ; а именно: проведен расчет коэффициентов корреляции структурных планов кровли горизонтов и построен изопахический треугольник по поверхностям кровли и изопахит между горизонтами. Анализ вариаций толщин позволит авторам допустить, что в ходе развития структурных планов на адресной территории доминирующим фактором являются тектонические изменения или эндогенные процессы, отслеживающиеся от кровли турнейского до тастубского горизонта.

Материалы и методы

По построенным структурным картам проведен расчет коэффициентов корреляции математическими методами, используя функциональные возможности ГИС MapInfo. Для определения последовательности развития ряда поверхностей при построении палеоструктурных карт применен метод изопахического треугольника.

Ключевые слова

изопахический треугольник, структурные карты, карты изопахит, палеозойские отложения, пространственный анализ

Для цитирования

Анисимова Л.З., Колузаева К.Ю., Анисимова Л.Г. Анализ статистических значений между структурными поверхностями на тестовом участке с целью увеличения достоверности ГРР // Экспозиция Нефть Газ. 2023. № 4. С. 10–14. DOI: 10.24412/2076-6785-2023-4-10-14

Поступила в редакцию: 18.04.2023

GEOLOGY

UDC 550.8.052 | Original Paper

Nalysis of statistical values between structural surfaces on the test site in order to increase the reliability of exploration

Anisimova L.Z.¹, Koluzaeva K.Yu.¹, Anisimova L.G.² ¹IPEM TAS, Kazan, Russia, ²RUDN University, Moscow, Russia anislz@mail.ru

Abstract

This article is devoted to the problems of increasing the degree of reliability of structural constructions at deposits based on the use of "isopachic triangle" methods and analysis of correlation coefficients of structural plans. In the course of work on the article, the analysis of statistical values between the structural surfaces of the structural surfaces of sedimentary formations of the tested area in the south-eastern part of the Republic of Tatarstan was carried out; namely, the correlation coefficients of the structural plans of the roof of the horizons were calculated and an isopachic triangle was constructed along the roof surfaces and isopachite between the horizons. The analysis of thickness variations will allow the authors to assume that during the development of structural plans in the targeted area, tectonic changes or endogenous processes that are tracked from the roof of the Tournai to the Tastuba horizon are the dominant factor.

Keywords

sediments, spatial analysis

Materials and methods

According to the constructed structural maps, the correlation coefficients were calculated by using mathematical methods. To determine the sequence of development of a number of surfaces, the method of "isopachic triangle" was used in the construction of paleostructural maps.

For citation

Anisimova L.Z., Koluzaeva K.Yu., Anisimova L.G. Nalysis of statistical values between structural surfaces on the test site in order to increase the reliability of exploration. Exposition Oil Gas, 2023, issue 4, P. 10–14. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2023-4-10-14

isopachic triangle, structural maps, isopachite maps, paleosoic

Введение

Получение качественно новой геологической информации — задача, всегда сопряженная с определенными трудностями. Наиболее остро проблема повышения детальности структурных построений стоит в районах с большой тектонической активностью; а также в районах с несогласным залеганием отложений осадочного чехла, где между перерывами в осадконакоплении формируются карсты и эрозионные выступы. Актуальность представленного материала в данной статье, полнота использования имеющейся литературы по данной проблеме диктуются необходимостью детализации строения сложнопостроенных объектов на этапах разведки и освоения месторождения УВ.

Последнее обстоятельство предполагает использование математических методов для расчета вероятностей совпадения тех или иных структурных планов и методов геолого-геофизического моделирования для построения и анализа поверхностей структурных планов.

Научная новизна результатов данного исследования заключается в получении авторами статьи набора карт мощностей, позволяющем восстановить эволюцию формирования локальных поднятий на тестовом участке месторождения, максимально используя возможности геоинформационной системы MapInfo для построения карт мощностей методом схождения и для расчета коэффициентов корреляции.

Объект исследования

В качестве объекта исследований авторами выбран тестируемый участок в Бавлинском районе Республики Татарстан (РТ) (по согласованию с недропользователем название площади не разглашается) размерами вдоль долготы 5,5 км, вдоль широты 10,2 км. Были использованы данные сейсморазведки, включающие шесть структурных поверхностей и рельеф местности, подготовленный по данным цифровой модели местности (ЦММ) из матрицы радарной топографической съемки Shuttleradar topografic mission.

Теоретическая часть

Оценка взаимосвязи между явлениями предполагает наличие определенной выборки по сравниваемым явлениям. Для примера возьмем структурные поверхности, предположительно тектонически унаследованные. Подчеркиваем, что структурные карты составлены с большой достоверностью, с использованием материалов сейсмики в модификации 3D, 2D и по данным геологии. Берем для сравнения две структурные поверхности. Накладываем расчетную сетку (абсциссы и ординаты точек строго скоординированы) с шагом, не превышающим усредненную площадь положительных проявлений локальных структур. Вычисляем коэффициент корреляции (1):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} (a_i - m_a)(b_i - m_b)}{n\delta_a \delta_b}$$
(1)

где a_i и b_i — полученные данные от двух поверхностей, n — число пар данных, m_a , m_b соответствующие значения средних, $\delta_{a'}$, δ_b их среднеквадратические значения.

Расчет средних данных m_a , m_b и среднеквадратичных отклонений δ_a , δ_b выполнен по формулам (2) и (3) соответственно. Эти параметры в дальнейшем использованы для расчета коэффициента корреляции.

$$m_{a} = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_{i}}{n}, \quad m_{b} = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_{i}}{n}, \quad (2)$$
$$\delta_{a} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} a_{i}^{2}}{n}} - m_{a}^{2}, \quad \delta_{b} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} b_{i}^{2}}{n}} - m_{b}^{2} \cdot (3)$$

Оценку точности — по формуле (4):

$$m_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}} \,. \tag{4}$$

Такой подход позволяет повысить степень достоверности при изучении соотношений структурных планов по отражающим поверхностям в продуктивных горизонтах осадочного чехла при наличии высокой корреляционной зависимости между отражаюшими поверхностями. Коэффициент корреляции — величина, варьируемая в пределах от -1 до +1. Если коэффициент равен +1. то говорят о полной положительной зависимости. Если коэффициент равен -1, то о полной отрицательной зависимости. Соответственно, при нулевой корреляции расчетные переменные независимы друг от друга. Данный коэффициент используем для анализа поверхностей, представленных в виде матрицы точек (гридов) при условии нормального закона распределения глубины в частности.

Данный подход позволит при наличии минимума геологической и геофизической информации и при возможности получения коэффициента корреляции не менее 0,6 (как эмпирическое обобщение) восстановить структурную поверхность любого промежуточного стратиграфического горизонта. В геологии такой подход называют методом схождений и применяют при сравнении структурных планов.

Получаемые при расчетах данные систематизируем, используя классификацию [3, 5]:

- корреляция сильная при условии, если R больше 0,7;
- средняя при R от 0.5 до 0.69:
- умеренная при R от 0,3 до 0,49;
- слабая при R от 0,2 до 0,29;
- очень слабая при R меньше 0,19.

Допускаем, что при цифрах больше 0,5 присутствует унаследованность структурных планов.

Карта строится на основании предположения о том, что верхняя геологическая граница комплекса в момент начала накопления вышележащей толши пород залегала горизонтально, то есть к этому времени произошла полная компенсация погружения осадконакоплением. Относительно этой горизонтальной плоскости и определяют положение подошвы комплекса. Представление об условиях залегания последней дают мощности, которые показывают, на какой глубине от горизонтальной плоскости находилась подошва нижнего пласта во время отложения самого верхнего слоя. Таким образом. при построении палеоструктурной карты принимается условная нулевая поверхность, причем для каждой карты своя собственная. За нулевую поверхность берем поверхность того верхнего опорного горизонта, на конец времени образования которого строится карта.

Результаты и обсуждения

В ходе работы проведен анализ статистических значений между структурными поверхностями отражающих сейсмических поверхностей. Структурные карты, полученные по материалам сейсморазведки в модификации 3D преобразованы в расчетные гриды. Методом схождения построены карты мощностей и рассчитаны коэффициенты корреляции (табл. 1).

Наибольшие коэффициенты корреляции наблюдаются от кровли отложений бобриковского горизонта до кровли заволжского горизонта, что свидетельствует о практически полном совпадении структурных планов кровли ярусов и горизонтов в этом промежутке разреза. Вероятнее всего причина в согласном залегании всех осадочных образований без перерыва в осадконакоплении и слабо выраженной тектоникой в этом районе.

Табл. 1. Коэффициенты корреляции структурных поверхностей Tab. 1. Correlation coefficients of structural surfaces

Горизонт, ярус	Дневная поверхность	Тастубский горизонт	Бобриковский горизонт	Турнейский ярус	Заволжский горизонт	Данково-лебедянский горизонт	Подошва репера «Аяксы»
Дневная поверхность	1	_	-	-	_	-	-
Тастубский горизонт	0,0009	1	-	-	-	-	-
Бобриковский горизонт	0,13	0,33	1	-	-	-	-
Турнейский ярус	0,12	0,15	0,88	1	-	-	-
Заволжский горизонт	0,25	0,15	0,65	0,71	1	-	-
Данково-лебедянский горизонт	-0,02	0,22	0,71	0,75	0,49	1	_
Подошва репера «Аяксы»	0,04	0,02	0,59	0,52	0,46	0,34	1

Вышележащие от кровли бобрика поверхности плохо коррелируются между собой; очевидно, ввиду несовпадения структурных планов из-за перерыва в осадконакоплении и, возможно, как частичного, так и полного размыва осадочных образований.

Как известно, палеоструктурные карты являются картами разностей глубин залегания исследуемой поверхности и вышезалегающего по разрезу стратиграфического подразделения [4]. После несложных манипуляций получаем карту мощностей исследуемого объекта на время конца накопления вычитаемого горизонта. Метод наглядно показывает историю развития локального участка поверхности во времени (рис. 1).

На данном рисунке карты представлены в виде изопахического треугольника и расположены в следующем порядке:

 цифровая модель рельефа местности;
структурная карта по кровле тастубского горизонта сакмарского яруса нижней перми;
карта кровли тастубского горизонта сакмарского яруса к дневной поверхности: 4 — структурная карта по кровле бобриковского горизонта нижнего карбона: 5 — карта кровли бобриковского горизонта к концу тастубского времени; 6 — карта кровли бобриковского горизонта к дневной поверхности; 7 — структурная карта по кровле турнейского яруса нижнего карбона; 8 — карта кровли турнейского яруса к концу бобриковского времени; 9 — карта кровли турнейского яруса к концу тастубского времени; 10 — карта кровли турнейского яруса к дневной поверхности; 11 — структурная карта по кровле заволжского горизонта верхнего девона; 12 - карта кровли заволжского горизонта к концу турнейского времени: 13 — карта кровли заволжского горизонта к концу бобриковского времени; 14 — карта кровли заволжского горизонта к концу тастубского времени; 15 — карта кровли заволжского горизонта к дневной поверхности: 16 — структурная карта по кровле данково-лебедянского горизонта верхнего девона; 17 — карта кровли данково-лебедянского горизонта



Рис. 1. Анализ изменения мощностей, представленный в виде изопахического треугольника

Fig. 1. Analysis of power changes, presented in the form of an isopachic triangle

к концу заволжского времени: 18 — карта кровли данково-лебедянского горизонта к концу турнейского времени; 19 — карта кровли данково-лебедянского горизонта к концу бобриковского времени; 20 — карта кровли данково-лебедянского горизонта к концу тастубского времени; 21 — карта кровли данково-лебедянского горизонта к дневной поверхности; 22 — структурная карта по подошве репера «Аяксы» верхнего девона: 23 — карта по подошве репера «Аяксы» к концу данково-лебедянского времени; 24 — карта по подошве репера «Аяксы» к концу заволжского времени; 25 — карта по подошве репера «Аяксы» к концу турнейского времени; 26 — карта по подошве репера «Аяксы» к концу бобриковского времени; 27 — карта по подошве репера «Аяксы» к концу тастубского времени; 28 — карта по подошве репера «Аяксы» к дневной поверхности (рис. 2).

Изопахический треугольник — это набор палеоструктурных карт (в нашем случае карты мощностей), расположенных в определенной последовательности сгруппированных в треугольник, позволяющий отследить всю эволюцию исследуемой структуры (локального поднятия, вала, свода). Карта строится на основании предположения о том, что верхняя геологическая граница комплекса в момент начала накопления вышележашей толщи пород залегала горизонтально, то есть к этому времени произошла полная компенсация погружения осадконакоплением [1]. Относительно этой горизонтальной плоскости и определяют положение подошвы комплекса. Представление об условиях залегания последней дают мощности, которые показывают, на какой глубине от горизонтальной плоскости находилась подошва нижнего пласта во время отложения самого верхнего слоя. Таким образом, при построении палеоструктурной карты принимается условная нулевая поверхность, причем для каждой карты своя собственная. За нулевую поверхность берем поверхность того верхнего опорного горизонта, на конец времени образования которого строится карта. Далее описание полученных данных.

В квадратах 1, 2, 4, 7, 11, 16, 22 располагаются карты, отражающие структурный план от рельефа дневной поверхности до подошвы репера «Аяксы».

В нижнем ряду ячеек (23-28) приведены карты, показывающие развитие поверхности кыновского горизонта, а именно структуроформирующие движения по кровле горизонта. Как видно из рис. 1, ряд 23-28 наглядно показывает формирование компенсированного прогиба, так как по мере течения времени на картах толшин увеличиваются толшины в западной и центральной области исследуемого участка. Наибольшие изменения приходятся на изопахиты, начиная с тастубского времени, где присутствует перерыв в осадконакоплении: а также возможен частичный размыв сакмарского яруса. Также следует отметить, что согласно [2] в данном районе были тектонические подвижки, которые тоже оказали влияние на формирование палеоповерхностей. Аналогичная картина формирования территории прослеживается и в других горизонтальных рядах: 16-21; 11-15; 7-10; 4-6.

Отсюда следует вывод: где было прогибание территории (депрессия), там увеличенная толщина, где поднятие — уменьшенная. Если по горизонталям выбрать структуру, то сможем отследить ее изменение

Масштаб	Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Надгоризонт	Горизонт	Пласт	Индекс	Интервал залегания комплекса, м	Литологическая колонка	Мощность (толщина)	Электрометрическая характеристика пород по данным электрокаротажа (КС, П	Литологическое описание пород	
_	Четвер- тичная Нео- геновая							Q N	0-15 15-56		10-25 0-110		Суглинки, пески, супеси Глины серые, коричневые с прослоями песков, алевролитов и галечника	
— 100		Татар. ский Р,						P ₃	56-89	× , , × ,	25-45		Алевролиты глинистые, песчаники мелкозернистые с прослоями глин слоистых	
		Биарми ский Р ₃						P ₂ kz	89-163		44-135		Глины красновато-коричневые, бурые, алевролиты, мергели пестроокрашенные, плотные, песчаники мелкозернистые с небольшими прослоями глинистых известняков	
— 200	ская Р	кий Р ₁	Уфимский Алтингий					P _i u	163-244		60-126	$- \underbrace{\longleftarrow}_{KC} \begin{array}{c} \Pi C \\ 200 \longrightarrow + \\ KC \\ \hline 0 & 100 & 200 & 300 \end{array}$	Пески и песчаники коричневато- и буровато-черные, часто косослоистые, различной степени сцементированности. Лины и алевролиты от зеленовато-серых до коричневых, оскольчатые, плотные, часть известковистые Разовиты селика разливаности и разливание с составляето с	
- 300	Перм	аналариана Сакмарс- Сакмарс- КИЙ Таст КИЙ		Тастубс-		P ₁ s P ₁ s	265-357		62-122	W	доложиты серые, пелитоморфиные, тонкоспоистые Известняки и доломиты. Известняки светло-серые, серые, тонко-мелкокристаллические, плотные, крепкие; доломиты от почти белых до желтовато-серых, плотные			
400			Ассельс- кий			Кии		P,a	357-412		28-94		Доломиты серые, желтовато-серые, преимущественно тонкозернистые; известняки светлоокрашенные, участками доломитизированные	
- — 500 -		Верхний С _э	Касимовский+Гжельский					C,k+g	412-600		180-210	Low MMM M	Переслаивание коричневато-темно-серых, желтовато-серых, окремнелых, крепких доломито и известияков коричневато-темно-серых, доломитизированных	
- 600 - 700			5			Мячковский		C₂mc	600-718		70-131		Доломиты и известняки желтовато-серые, зеленовато-серые, загипсованные, плотные, с включениями гипса и ангидрита	
- 800	00 Средний С ₂	осковский С,п			Подольский		C,pd	718-805		65–100		Известняки желтовато-серые, серые, органогенно-обломочные, неравномерно глинистые, с прослоями доломитов буровато- и темносерых, микрозернистых, сульфатизированных, крепких		
		M			Каширский		C ₂ ks	805-869		58-70	A A A A A A A A A A A A A A A A A A A	Известняки, реже доломиты серые, желтовато-серые, микро- и тонкозернистые, органогенно-обломочные, с прослойками глин		
- 900	чC		Equinary.			Верейский	Cap 5 Cap 4 Cap 3 Cap 2 Cap 1	C,vr	869-914		41-49	бог в	Известняки и аргиллиты. Известняки желтовато-серые, темно-коричневые, органогенные Известники разла сольо, коло молкористранирские, рикорая	
	ольна		уп			Протвин- ский	Сбш	C ₂ b C ₁ pr	914-950 950-976		20-45 22-35	MWWW.	изистили сосла серак, серак, конскратовали сола со прозво кавернозно-трещинование, в нижней части — более плотные и крепкие Доломиты пористые, кавернозные, с большим содержанием ангидрита	
- 1 000	Каменноу	15	Серпуховс			Стешевский+ Тарусский		C,ct+tr	976–1056		25-92	maria	Тарусский+стешевский горизонты сложены в нижней части органогенно- детритусовыми глинистыми известняками, сменяющимися доломитами	
- 1 100		Нижний С	Нижний С		Окский	Веневский+ Михайловский+ Алексинский	Сал-1	C _{1vn+mn+at}	1 056-1 144		32-128		Известняки серые, темно-серые, прослоями доломитизированные, участками трещиноватыми, с включениями ангидрита, и доломиты темно-серые В кровке — калбонаты (ловее алистива). Алияляты темно-серыми, темно-салистые с постоями алеколитов и лечзан	
- 1 200				Верхний	Кожимс- кий Черны- шинский	Бобри- ковский кизаховский	Сбр Скз	C,bb C,kz	1 160-1 186 1 186-1 201 1 201-1 216		1-49 0-16,1	3	Переслаивание песчаников и алевролитов с прослоями аргиллитов темно-серых, неравномерно слокстых, реже улиси и упистых сланцев Известняки желтовато-светло-серые, коричневато-серые, органогенно-обломочные,	
			ский C,t	с,с, Нижний С,t,	Лихвин- ский	Чтинский+ Малевский	Счр Суп+мл	C,up+ml	1 216-1 240		10,2-36,2		простоями периалонерно спологилителые Известняки желтовато-светно-серые, серые, мелкокомковатые, органогенно-обломочные Зарадкими на голорода с вожан наростикали водомитилировании им к голицет. Им	
- 1 300			fm	верхнии D,fm,	алоговский	ій+ Мй		D ₃ zv	1 240-1 290		20-57	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	Заволискии падгоризон сложет известниками доломи изированными и лиинистыми, с тонкими прослоями глин Перегламвание известивура монгелей аргиилитов и глин Известивки светло-	
- 1 400			аменский	Средний D,fm,		н Данковски ий Лебедянси		D ₃ dn+lb	1 290-1 983		28-96		и темно-серые, тонко- и среднезернистые, плотные, массивные, прослоями глинистые. Мергели темно-серые до черных, тонкоплитчатые. Аргиллиты и глины черные, известковитсые Известняки и доломиты серен, мелкозернистые, слабо глинистые;	
	дĸ	й D ₃	Φ	Нижний D,fm,		Елецкий Задонсн		D ₃ el+zd	1 383-1 448		52-67	$\frac{2}{4}$	подчиненное значение глин и мергелей. Глины темно-серые до черных, известковистые. Мергели темно-серые, тонкоплитчатые	
- 1 500	Девонска	Верхни	D ₃ fr	Верхний D ₃ fr ₃		Ливенский+ Евлановский+ Воронежский		D _{3N+ev+w}	1448-1546		80-118	$\sum_{i=1}^{i}$	Известняки и доломиты. Известняки коричневато-серые, почти черные, очень плотные, плинистые. вертикально-трещиноватые, битуминозные, прослоями косослоистые. Доломиты серые, мелкокристаллические, плотные, крепкие	
- 1 600		франский		ф ранский Средний D,fr,		Речицкий		D,mn	1546-1625		65-90		Известняки и доломиты. Известняки серые, темно-серые, микрозернистые. Доломиты свегло-серые, серые, разнозернистые, неравномерно известковистые, темно-серые с коричневатым отсенком, неравномерно глинистые Известняки серые, буровато-серые, мелкозерниктые, гонкозерниктые, крепкие	
- 1700		Средний D,	Живетоций ¹ D,2v	Нижний D ₃ fr,	Старо- оскольский	Сартаевский Тиманский Пашийский Муллинский Ардэтеосоий	до 6. до в. до 6. до в. Д2 Д3	D ₃ sr D ₃ tm D ₃ ps D ₂ ml D ₂ ar AR	1653-1669 1669-1684 1684-1703 1703-1728 1728-1755		4-27 11-23 1,4-24 13-35 11-25	TOL Y	с прослоями мергелеи и аргиллитов Мавестняки и доломиты от свето-до буровато-серых, тонкозернистые, с прослоями мергелей иместики просложи аргимата (вено заксы). Аргимана изновать серые в воладое одрежение, сресложи песчаников и лекерол Пересланики серые, жетовато-серые, алевролитовых пород Песчаники серые, жетовато-серые, алевролитовых пород Песчаники серые, жетовато-серые, алевролитов, аргиллиты темно-серые, буровато-серые нижина часть — песчаю-алевролитовая пачиа; песчаники серые, темно-серые, алевролиты, реже аргилли в верхием часть — песчаю-алевролитовая пачиа; песчаники серые, темно-серые, алевролиты, реже аргилли Пейсы, габбро-диабазы и кристаллические сланцы	
		ИЗ	вестн	яки				алев	роли	ты	44	мергели	пески супеси	
	доломиты				X	песчаники		^ ^	^ аногидрит	ы известняки породы кристаллического				

Рис. 2. Сводный геолого-геофизический разрез Fig. 2. Summary geological and geophysical sectio

на определенный момент времени, что позволяет косвенно оценивать готовность структуры как ловушки углеводородов на момент времени, который допускается как благоприятный для накопления углеводородов.

гоприятныи для накопления углеводородов. Оговариваемся, что на данном участке:

- отсутствуют некомпенсированные прогибы, и данный локальный участок характеризуется отсутствием колебаний мощностей с литологофациальными изменениями;
- на территории отсутствует погребенный эрозионный рельеф и имеет место быть одинаковая степень уплотнения пород на всем тестовом участке.

Согласно методу, предложенному Е.Н. Пермяковой и Ю.А. Каравашкиной (1951 г.), все карты сведем в общую схему на одном листе и расположим в несколько горизонтальных рядов, где каждый горизонтальный ряд начинается с современной структурной карты соответствующего горизонта. В связи с тем, что развитие каждого вышерасположенного и, следовательно, более молодого горизонта начинается на этап позже, каждый новый верхний ряд оказывается на одну карту короче. В результате этого схема приобретает форму треугольника. Если рассматривать карты по диагонали,

то проследим структурный план по разным горизонтам на один и тот же отрезок времени.

Итоги

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, следовательно, и тектонических движений, вызвавших это погружение. Отсюда следует, что участки карты, характеризующиеся минимальными значениями мощностей какого-то определенного стратиграфического интервала, соответствуют древним приподнятым участкам, и наоборот, участки повышенных мощностей соответствует древним погруженным участкам.

Выводы

Анализ изменений мощностей позволяет допустить, что на территории превалируют при осадконакоплении доминирующим фактором тектонические изменения или эндогенные процессы, которые отслеживаются до тастубского горизонта. Далее, по полученным данным коэффициентов корреляции, мы можем судить о преобладании экзогенных процессов над эндогенными.

Литература

- Белоусов В.В. Мощность отложений как выражение режима колебательных движений земной коры // Советская геология. 1940. № 2–3. С. 14–28.
- Буров Б.В. Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника.
 М.: ГЕОС, 2003. 402 с.
- Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебник. М.: Юрайт, 2023. 479 с.
- Ожгибесов В.П. Стратиграфические индексы общих, региональных и местных стратиграфических подразделений: Пермская система // Стратиграфия, палеонтология, палеогеография, геодинамика и минеральные ресурсы: сб. материалов Междунар. конф., посвящ. 170-летию со дня открытия пермской системы. 5–9 сент. 2011 г., Пермь: Пермский государственный университет, 2011. С. 155–158.
- Хамидуллин Р.Я. Теория вероятностей и математическая статистика.
 М.: Издательство Университета Синергия, 2020. 276 с.

ENGLISH

Results

The analysis of capacities is based on the idea of compensation for the immersion of the bottom of the basin by sedimentation. On this basis, the sediment capacities are indicators of the rate and intensity of immersion of the bottom of the basin, hence, the tectonic movements that caused this immersion. It follows from this that the sections of the map characterized by the minimum values of the capacities of a certain stratigraphic interval correspond to the ancient elevated sections and, conversely, the areas of increased capacities

References

- Belousov V.V. Sediment power as an expression of the mode of oscillatory movements of the Earth's crust. Soviet geology, 1940, issue 2–3, P. 14–28. (In Russ).
- Burov B.V. Geology of Tatarstan: Stratigraphy and tectonics. Moscow: GEOS, 2003, 402 p. (In Russ).
- 3. Gmurman V.E. Probability theory and mathematical statistics. Textbook. Moscow: Yurayt, 2023, 479 p. (In Russ).
- Ozhgibesov V.P. Stratigraphic indices of general, regional and local stratigraphic units: Perm system. Stratigraphy, paleontology, paleogeography, geodynamics and mineral resources: collection of materials of the International

correspond to the ancient submerged sections.

Conclusions

The analysis of capacity changes allows us to assume that tectonic changes or endogenous processes that are tracked to the tastubian horizon prevail in the territory during sedimentation by the dominant factor. Further, according to the obtained data of correlation coefficients, we can judge the predominance of exogenous processes over endogenous ones.

Conference, dedicated. 170th anniversary of the opening of the Perm system, 5–9 Sept. 2011, Perm. Perm: State University. Perm, 2011, P. 155–158. (In Russ).

5. Khamidullin R.Ya. Probability theory and mathematical statistics. Moscow: Synergy University Publishing House, 2020, 276 p. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ І INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Анисимова Лилия Закувановна, научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования, ИПЭН АН РТ, Казань, Россия Для контактов: anislz@mail.ru

Колузаева Ксения Юрьевна, младший научный сотрудник лаборатории геологического и экологического моделирования, ИПЭН АН РТ, Казань, Россия

Анисимова Лиана Гурьевна, студент 2 курса магистратуры, Институт экологии Российского университета дружбы народов, Москва, Россия Anisimova Lilia Zakuvanovna, researcher at the laboratory of geological and ecological modeling, IPEM TAS, Kazan, Russia Corresponding author: anislz@mail.ru

Koluzaeva Ksenia Yurievna, research assistant at the laboratory of geological and ecological modeling, IPEM TAS, Kazan, Russia

Anisimova Liana Guryevna, 2nd year master's student, RUDN University, Moscow, Russia