УДК 553.98

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕКВЕНС-СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА В ПОСТРОЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВОССОЗДАНИЯ ЭВОЛЮЦИИ НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАССЕЙНА

Уваров Ф.В.

ОАО «Сургутнефтегаз», Тюменское отделение «СургутНИПИнефть», Тюмень, e-mail: ufv519@gmail.com

Статья посвящена оценке возможностей использования секвенс-стратиграфического метода в построении геологических моделей для воссоздания эволюции нефтегазоносного бассейна. Задача моделирования геологического строения и процессов формирования резервуаров и залежей углеводородного сырья для минимизации геологических рисков на всех этапах геологоразведочных работ обусловлена потребностью оптимизации их промышленного освоения. Анализ историко-геологической эволюции осадочных отложений имеет ключевое значение для открытия и понимания процессов нефтегазообразования и нефтегазонакопления, что актуально для оценки перспектив нефтегазоносности особенно глубоких горизонтов, достигающих 4 и более км, особенно слабоизученных в процессе геофизических исследований и/ или бурения. Автором проведен анализ возможностей секвенс-стратиграфического метода, позволяющего в совокупности с другими геологическими и геофизическими методами достоверно воссоздавать эволюцию нефтегазоносного бассейна, что в свою очередь позволяет моделировать литолого-структурные ловушки на разных стадиях геологоразведочных работ. В работе рассмотрена иерархия подразделений секвенсной стратиграфии и принципы выделения секвенсов и парасеквенсов. Суть метода секвенс-стратиграфии заключается в выявлении особенностей формирования седиментационных бассейнов и шельфовой зоны, где осадконакопление шло в переменных морских, лагунноконтинентальных и континентальных условиях. Максимально результативно секвенс-стратиграфический метод используется в пределах стабильных (пассивных) шельфов и некомпенсированных впадин платформ в процессе детального изучения стратиграфических, литолого-фациальных и палеогеографических условий. Сделан вывод о том, что использование данного вида стратиграфического анализа позволяет строить отдельно геологические модели на каждую стадию геологоразведочных работ. При этом взятая за основу региональная геологическая модель, построенная на основе секвенс-стратиграфии, позволяет после соответствующих дополнений использовать ее на следующей стадии геологоразведочных работ.

Ключевые слова: нефтегазоносный бассейн, геологическое моделирование, секвенс-стратиграфический метод, секвенс, парасеквенс, эвстазия, эпейрогения, клиноформа

THE POSSIBILITY OF USING SEQUENCE STRATIGRAPHIC METHOD TO BUILD GEOLOGICAL MODELS FOR THE RECONSTRUCTION OF EVOLUTION OF PETROLEUM BASIN

Uvarov F.V.

OJSC «Surgutneftegas», Tyumen department «SurgutNIPIneft», Tyumen, e-mail: ufv519@gmail.com

The article is devoted to the evaluation of the possibilities of using the sequential-stratigraphic method in constructing geological models for reconstructing the evolution of the oil and gas basin. The task of modeling the geological structure and processes of formation of reservoirs and hydrocarbon deposits to minimize geological risks at all stages of geological exploration is determined by the need to optimize their industrial development. Analysis of the historical and geological evolution of sedimentary deposits is of key importance for the discovery and understanding of the processes of oil and gas formation and oil and gas accumulation, which is important for assessing the prospects of oil and gas bearing particularly deep horizons reaching 4 km or more, especially poorly studied during geophysical research and / or drilling. The author analyzed the possibilities of the sequential-stratigraphic method, which together with other geological and geophysical methods, reliably recreates the evolution of the oil and gas basin, which in turn allows modeling of lithological-structural traps at different stages of geological exploration. The work deals with the hierarchy of sequential stratigraphic units and the principles of sequencing and parasequences. The essence of the method of sequential stratigraphy is to identify the features of the formation of sedimentary basins and the shelf zone where sedimentation occurred in variable marine, lagoon-continental and continental conditions. The sequencing-stratigraphic method is most efficiently used within the stable (passive) shelves and uncompensated basins of the platforms in the process of detailed study of stratigraphic, lithologic-facial and paleogeographic conditions. It is concluded that the use of this type of stratigraphic analysis makes it possible to build geological models separately for each stage of geological prospecting. At the same time, the regional geological model, built on the basis of sequential stratigraphy, allows to use it after the corresponding additions at the next stage of geological exploration.

Keywords: oil and gas basin, geological modelling, sequence stratigraphic method, sequence, parasequence, astasia, epeirogeny, clinoform

В современной литературе обоснованно устоялось мнение о том, что успех всякой геологоразведочной кампании находится в зависимости от адекватного сочетания базовых геологических элементов и процессов, проходивших в конкретной области недр в прошлые геологические эпохи. Таким образом, моделирование осадочных

бассейнов и нефтегазоносных систем дает возможность современным геологам и геофизикам понимать динамику развития осадочных бассейнов и связанных с ними флюидов, чтобы определить пригодность условий предыдущих геологических периодов для заполнения углеводородами возможных пластов-коллекторов и накопления в них.

Общая задача моделирования геологического строения и процессов формирования резервуаров и залежей углеводородного сырья для минимизации геологических рисков на всех этапах геологоразведочных работ обусловлена задачами оптимизации их промышленного освоения. При этом исследование историко-геологической эволюции осадочных отложений имеет ключевое значение для открытия и понимания процессов нефтегазообразования и нефтегазонакопления, что актуально для оценки перспектив нефтегазоносности особенно глубоких горизонтов, достигающих 4 и более км, особенно слабоизученных в процессе геофизических исследований и/ или бурения.

Материалы и методы исследования

С целью обоснования применения секвенс-стратиграфического метода использовались интерпретированные данные ГИС более чем по 12 тыс. поисково-разведочным и эксплуатационным скважинам, данные 3D сейсмостратиграфии по 63 месторождениям Западно-Сибирского бассейна.

Комплексированием аналитических способов обработки информации определены особенности литологии, литофаций, стратиграфических секвенсов, условий осадконакопления в нефтегазоносных резервуарах. По результатам проведено картирование секвенсов клиновидного морфологического типа. Проведено построение геологических моделей соответствующим программным продуктом с учетом секвенс-стратиграфического метода, данных по сейсморазведке методом отраженных волн (МОГТ) и каротажу, материалы по исследованию керна, а также биостратиграфические методы.

Результаты исследования и их обсуждение

Выявление динамики особенностей формирования глубокопогруженных отложений ряда российских нефтегазоносных бассейнов потребовало разработки специальной технологии построения комплексных специализированных разрезов, демонстрирующих эволюцию осадочного чехла. Такого рода реконструкция предполагает исследование всей глубины осадочных отложений. В данном случае разрезы показывают динамику в геологическом времени целой группы параметров. В частности, это этапы осадконакопления и его отсутствия, также это скорость накопления осадков. Таким образом, можно выявить особенности погружения осадочных отложений или же общего подъема территории (инверсии), равно как и относительно стабильного развития. Разрезы выявляют условия осадконакопления, а также мощности стратиграфических подразделений и внедрившихся интрузий [1, с. 9–10].

Мы исходим из того, что вопросы построения модели следует решать современными методами сейсморазведки, применяя вошедшую в употребление высокую разрешающую способность, а также интерпретацию геолого-геофизического материала. Особое значение здесь приобретает использование секвенс-стратиграфического метода. Следует отметить, что наибольший эффект от применения секвенс-стратиграфического метода проявляется в период отработки нефтегазосодержащих резервуаров, когда большое внимание уделяется седиментационной структуре месторождений.

Суть метода секвенс-стратиграфии заключается в выявлении особенностей формирования седиментационных бассейнов и шельфовой зоны, где осадконакопление шло в переменных морских, лагунноконтинентальных и континентальных условиях. Базовая единица «секвенс» – есть последовательность генетически связанных слоев, образованных в течение одного трансгрессивно-регрессивного цикла. Секвенсы делятся на систему трактов – латеральных фациальных рядов, образованных в разных условиях седиментации (рисунок). Принято вычленять тракт низкого стояния (ТНС) уровня моря, трансгрессивный тракт (ТТ) и тракт высокого стояния (ТВС) [2]. ТНС формируется в условиях снижения уровня моря и осушении бассейна, когда береговая линия постепенно смещается к морю. Осадки в данном случае характеризуются чередованием песчаников, алевролитов, а также менее часто – карбонатов. Трансгрессивный тракт формируется в процессе подъема уровня моря, сопровождающегося сменой в сторону континента направления осадконакопления. По причине дефицита крупнозернистых осадков с областей сноса образуются мощные глинистые и из-

вестняковые толщи. ТВС формируется на максимуме трансгрессии. Осадки здесь высококарбонатные (известняки), служат маркирующими горизонтами при корреляции разрезов [3, с. 200].

Очевидно, что основное внимание при поисках и разведке углеводородов сосредоточено на структурных ловушках, расположенных в том числе на шельфе и в верхних частях континентальных склонов, вследствие чего поисковые работы на углеводородное сырье становятся более трудоемкими и дорогими. Именно в подобных случаях эффективно комбинирование таких методов, как геофизическое исследование скважин и 3D сейсмостратиграфия для выявления особенностей литологии, литофаций, стратиграфических секвенсов, условий осадконакопления в нефтегазоносных резервуарах.

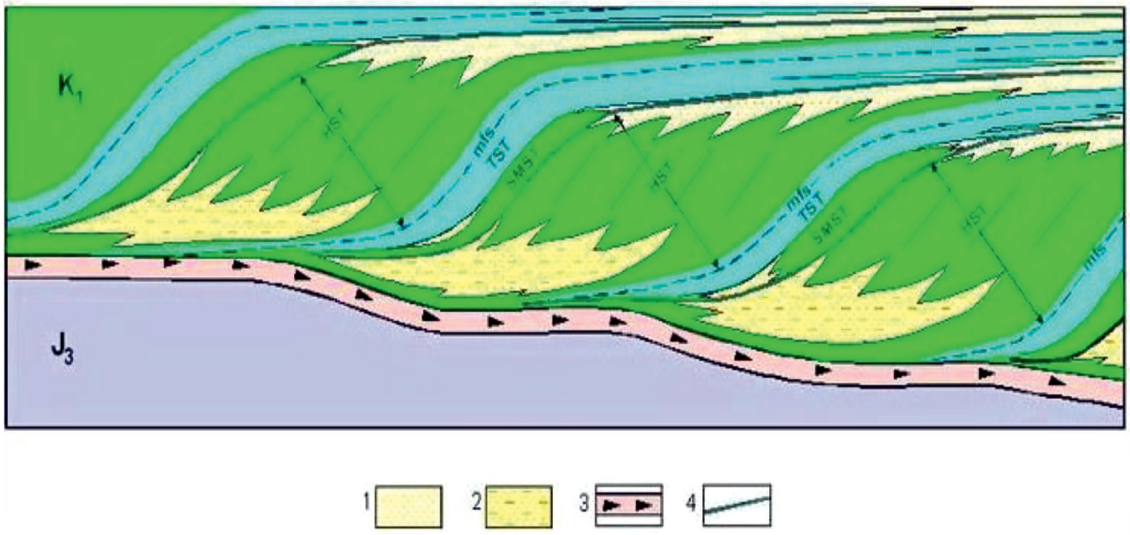
Особенности метода секвенс-стратиграфии заключаются в ее возможности быть примененной как в зрелых, так и в формирующихся нефтегазоносных бассейнах, где модельные построения и фактический материал позволяют достоверно прогнозировать как латеральное, так и вертикальное изменения фаций.

Современная концепция, методика и терминология секвенс-стратиграфии разработана американскими геологами-нефтяниками [4, с. 146; 5, с. 311], которые установили флуктуации морского уровня начиная с мезозоя магнито- и хроностратиграфическими привязками, а также с радиометрической датировкой по пепловым горизонтам, развитым преимущественно в разрезах Внутреннего бассейна США.

Наиболее результативно секвенс-стратиграфический метод используется в пределах стабильных (пассивных) шельфов и некомпенсированных впадин платформ в процессе детального изучения стратиграфических, литолого-фациальных и палеогеографических условий. При поисковых работах данный метод эффективен для прогнозирования качества нефтегазосодержащих толщ и ареала их распространения, при поисках литологически экранированных залежей.

Стратиграфические подразделения, применяемые в секвенс-стратиграфии, относятся к группе специальных подразделений. Они выделяются как в терригенных, так и в карбонатных отложениях.

Общепринятая иерархия подразделений, используемых в секвенсной стратиграфии, на сегодняшний день еще не выработана. Их следует ранжировать следующим образом (от мелкомасштабных к крупномасштабным): мегасеквенс, суперсеквенс, секвенс и парасеквенс.



Седиментационная модель секвенса: 1) песчаные шельфовые пласты; 2) песчано-алевритовые дистальные пласты; 3) битумнозные аргелиты баженовской свиты; 4) границы секвенсов 2 типа III порядка; HST – системные тракты высокого стояния (highstanding tract); TST трангрессивные системные тракты (transgressive system tract)

В основу метода положено выделение на основании геолого-геофизических данных основной седиментационной единицы – секвенса. Собственно, секвенс представлен накопившимися в данном бассейне за один цикл колебательных движений моря отложениями, которые имеют более или менее согласное залегание и общую генетику, при этом они, как правило, отделяются друг от друга угловыми и/или стратиграфическими несогласиями. Секвенсы преимущественно являются региональными подразделениями и распространены в пределах всего седиментационного бассейна, хотя зачастую явно выделяются лишь в краевых мелководных частях.

На формирование секвенсов влияют такие факторы, как эвстатические колебания уровня моря, эпейрогенические движения земной коры, а также изменение количества осадков, сносимых в бассейн в течение данного цикла. При этом вносимый вклад каждого из факторов может отличаться в разных районах.

Большое значение в формировании секвенсов имеет эвстазия. Так в фанерозое выделяются циклы эвстатических колебаний пяти порядков продолжительностью от сотен миллионов до десятков тысяч лет. Ряд исследователей [6–10] отмечает, что формирование секвенсов связано с циклами эвстатических колебаний третьего (продолжительностью 1–5 млн лет), а иногда четвертого (0,25–1 млн лет) порядков. Таким образом, время формирования в среднем составляет 2–3 млн лет.

В зависимости от стадийности работ при построении геологических моделей возможно оперировать не только с непосредственно секвенсами, но и с суперсеквенсами, формировавшимися в периоды эвстатических колебаний второго порядка (10–80 млн лет). При этом для суперсеквенсов характерно отделение их друг от друга региональными поверхностями несогласий, что значительно облегчает работу.

Морфология секвенсов весьма разнородна, могут быть представлены тела от субгоризонтальных (плоскопараллельных и линзовидных) до относительно крутонаклонных (клиновидной формы). В последнем случае они сложены исключительно терригенными породами с отчетливо наблюдающимся первичным наклоном слоев. Возможно выделение клиноформ, сформированных в различных условиях стояния моря (низкого и высокого).

В пределах крупных бассейнов секвенсы клиновидной морфологии, имеющие углы залегания слоев до 5° и характерные для малых глубин, достигают ширины до первых десятков и протяженности до тысячи километров. Типичным примером области распространения секвенсов данного морфологического типа является Западно-Сибирский бассейн (неокомские клиноформы).

В ряде случаев наблюдается группировка клиновидных секвенсов, образовавшихся в результате заполнения некомпенсированных впадин, которые можно выделить в отдельные клиноформные серии секвенсов. В пределах этих серий отдельные секвенсы накладываются друг на друга в условиях бокового наращивания, т.е. происходит их омолаживание от береговой линии к глубинным частям.

Картирование секвенсов клиновидного морфологического типа представляется весьма важным, поскольку именно в них зачастую содержатся основные нефтегазоносные резервуары. При построении геологических моделей в данных случаях наряду с секвенс-стратиграфическим методом необходимо использовать данные по сейсморазведке методом отраженных волн (МОГТ) и каротажу, материалы по исследованию керна, а также биостратиграфические методы.

В построении геологических моделей значимая роль отводится изучению литологического состава пород. Однако зачастую затруднительно или невозможно учитывать закономерности, проявляющиеся в отдельных выделенных слоях или толщах. В подобных случаях в рамках секвенс-анализа возможно выделять отдельные группы слоев, именуемые циклитами или парасеквенсами, в пределах которых гранулометрический состав отложений закономерно увеличивается или уменьшается по вертикали и латерали. Подошва и кровля парасеквенса образуются в результате изменения уровня моря. В случае резких колебаний границы циклитов будут четкими, при постепенной смене режимов – размытыми.

Поскольку колебания уровня моря на определенных этапах истории Земли носили циклический характер, часто можно наблюдать группы парасеквенсов, сформировавшихся на некоторой части цикла колебательных движений, называемых пакетами парасеквенсов.

Очевидно, что в зависимости от ландшафтных условий будут формироваться разные по закономерностям изменения литологического состава типы пакетов парасеквенсов: регрессивный (проградаци-

онный) – при отступающем море, трансгрессивный (ретроградационный) – при наступающем море и аградационный – характеризующий относительно стабильное состояние морского бассейна.

Таким образом, описанные выше пакеты парасеквенсов представляют собой отдельные осадочные системы или латеральные фациальные ряды, формирование которых происходило в различных условиях осадконакопления с определяющим контролем положения уровня моря.

Так, при снижении уровня моря ниже бровки шельфа на формирование фациальных рядов существенное влияние оказывают потоки подводных каньонов. Отложения представлены, как правило, турбидитами и подстилающими подводными конусами выноса с формированием седиментационного клина наступающей суши (проградационный клин).

Напротив, в случае подъема уровня будет формироваться фациальный ряд трансгрессивного типа пакета парасеквенсов. При этом вследствие дефицита осадков в глубоководной части бассейна происходит формирование глинистого конденсированного разреза.

Трансгрессивный фациальный ряд высокого, относительно стабильного, уровня моря обычно представлен аградационным пакетом парасеквенсов, переходящих в связи со снижением темпов подъема в клиновидные формы «наступающей суши», которые в зашельфовой области формируют тончайший глинистый покров.

Для кровельной части трансгрессивного фациального ряда характерна поверхность максимального затопления области, осадки которого являются маркирующими горизонтами и используются при сопоставлении разрезов. Выделение поверхностей максимального затопления по данным сейсморазведки, в обнажениях, керне скважин и при каротаже, а также их присутствие во всех типах секвенсов служат основанием для проведения по этим поверхностям их границ.

В ряде случаев, особенно в зоне развития крупных эстуариев, например вдоль побережья Индийского океана, наблюдается чередование трансгрессивного и регрессивного фациальных рядов[11]. Подобное происходит за счет резкой суточной смены режима питания устья рек. При приливном повышении уровня моря, когда результирующая сила речного потока падает с формированием трансгрессивного типа осадков. При понижении уровня моря при отливе, с возрастанием результирующего потока системы река – море, формируются осадки, отвечающие регрессивной фации. Очевидно, что в эстуарии при переходе от прилива к отливу и наоборот существуют точки высокого и низкого стояния уровня моря соответственно.

Следовательно, осадки в устьях рек представляют собой закономерное чередование слабосортированных морских песков, тонкоплитчатых глин, косослоистых конусов выноса и опять тонкоплитчатых глин, сформированных соответственно при разных условиях приливов и отливов. В этом случае, по мнению авторов, правомочно выделять отдельный регрессивно-трансгрессивный фациальный ряд. Поскольку большинство дельт формируется в сходных сезонных режимах водного баланса, то возможно выделить отдельно дельтовый тип секвенса, который легко можно учитывать при построении геологической модели территории.

Таким образом, автор пришел к выводу о том, что секвенс-стратиграфический метод, оставаясь одним из важнейших видов бассейнового анализа, в то же время позволяет получать и анализировать результаты сопоставления секвенс-стратиграфических схем разных осадочных бассейнов и глобальной эвстатической кривой колебаний уровня Мирового океана. В этом плане метод дает возможность выявлять влияние региональных причин формирования секвенсов, эвстатические и эпейрогенические колебания разных порядков. Для коррелирования секвенс-стратиграфических схем необходимо применение био- и магнито-стратиграфического контроля. Метод позволяет воссоздать приемлемо достоверную эволюцию бассейна с корреляцией разрезов и определением последовательности смены фациальных рядов [11].

Выводы

Принимая во внимание имеющуюся возможность иерархии секвенсов от региональных к локальным, а также выделения в их пределах на геолого-генетической основе литологических закономерностей осадков, проведение границ по геолого-тектонически обоснованным объектам в виде поверхностей и разрывов, автор пришел к выводу о возможности использования этого вида стратиграфического анализа в разномасштабном моделировании. Более того, имеющиеся сегодня возможности позволя-

ют постоянно ее дополнять по мере получения геолого-геофизических материалов. Таким образом, уже нет необходимости отдельного построения геологических моделей каждой стадии геологоразведочных работ, так как их с успехом может заменить базовая региональная геологическая модель, построенная на основе секвенс-стратиграфии.

Список литературы

1. Пестерева С.А. Историко-геологическое моделирование эволюции осадочного чехла в районах развития глубокопогруженных отложений Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна / С.А. Пестерева, С.Г. Попов, А.В. Белоконь // Вестник Пермского университета. Геология. – 2011. – № 2. – С. 8–19.

2. Маргулис Л.С. Секвенсная стратиграфия в изучении строения осадочных чехлов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – СПб.: ВНИГРИ, 2008. – Т. 3. – С. 1–26. URL: http://www.ngtp.ru/rub/2/37_2008.pdf (дата обращения: 02.04.2018).

3. Филимонов А.Н. Секвенс-стратиграфия верхнего девона и нижнего карбона (турне) Южно-Минусинской впадины // Вестн. Том. гос. ун-та. – 2014. – № 385. – С. 197–205.

4. Вейл П.Р. Сейсмическая стратиграфия. Использование при поисках и разведке нефти и газа. Часть 1 / П.Р. Вейл, А.П. Грегори, Р.М. Митчем мл., Р. Шериф; под ред. Ч. Пейтон. – М.: Мир, 1982. – 375 с.

5. Вейл П.Р. Сейсмическая стратиграфия. Использование при поисках и разведке нефти и газа. Часть 2 / П.Р. Вейл, А.П. Грегори, Р.М. Митчем мл., Р. Шериф; под ред. Ч. Пейтон. – М.: Мир, 1982. – 847 с.

6. Габдуллин Р.Р. Секвентная стратиграфия: учебное пособие / Р.Р. Габдуллин, Л.Ф. Копаевич, А.В. Иванов. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 113 с.

7. Нургалиева Н.Г. Распознавание строения и условий формирования осадочных комплексов: учебно-методическое пособие по выполнению практических заданий для студентов и аспирантов, обучающихся по направлениям 05.03.01, 05.04.01 «Геология», 21.03.01 «Нефтегазовое дело», 05.06.01 «Науки о Земле» по курсам «Геология и геохимия нефти и газа», «Секвенс-стратиграфия», «Анализ бассейнов осадконакопления», «Основы секвенс- и изотопной стратиграфии для изучения нефтегазоносных комплексов» / Н.Г. Нургалиева. – Казань: Казан. ун-т. – 2017. – 36 с.

8. Раимбеков Ю.Х. Условия образования карбонатных отложений триаса и юры Юго-Восточного Памира: автореф. дис… кандид. геолого-минералог. наук. – Москва: МГУ, 2015. – 20 с.

9. Силантьев В.В. Основы стратиграфии: учебно-методическое пособие, Ч. I. / В.В. Силантьев, С.О. Зорина; под ред. А.С. Борисова. – Казань: Казан. гос. ун-т, 2009. – 81 с.

10. Холмовой Г.В. Теоретические основы и методы стратиграфии: учебно-методическое пособие для вузов / Г.В. Холмовой, В.Ю. Ратников, В.Г. Шпуль. – Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2008. – 128 с.

11. Мубарак Матлак Аль-Хаджери, Мариам Аль-Сайед Моделирование осадочных бассейнов и нефтегазоносных систем // Нефтегазовое обозрение. – 2009. – № 6. – С. 18–37.

References

1. Pestereva S.A. Popov S.G. Belokon' A.V. Evolutionary Sequence Modeling of the Timano-Pechora Petroleum Basin Deep Burial Rocks [Istoriko-geologicheskoe modelirovanie evoliutsii osadochnogo chekhla v raionakh razvitiia glubokopogruzhennykh otlozhenii Timano-Pechorskogo neftegazonosnogo basseina]. Vestnik Permskogo universiteta – Perm University Herald, 2011, no. 2, pp. 8–19.

2. Margulis L.S. Sequential stratigraphy in the study of the structure of sedimentary covers [Sekvensnaia stratigrafiia v izuchenii stroeniia osadochnykh chekhlov]. Neftegazovaia geologiia. Teoriia i praktika – Petroleum Geology – Theoretical and Applied Studies, 2008, no. 3. pp. 1–26. available at: http://www.ngtp.ru/rub/2/37_2008.pdf (accessed 02.04.2018).

3. Filimonov A.N. Upper devonian and lower carboniferous (tournaisian) sequence stratigraphy of the yuzhno-minusinskaya depression [Sekvens-stratigrafiia verkhnego devona i nizhnego karbona (turne) Iuzhno-Minusinskoi vpadiny]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal, 2014, no. 385 , pp. 197–205.

4. Veil P.R. Gregori A.P. Mitchem ml. R.M. Sherif R. pod red. Ch. Peiton. Seismicheskaia stratigrafiia. Ispol'zovanie pri poiskakh i razvedke nefti i gaza. Chast' 1 [Seismic stratigraphy. Use in the search and exploration of oil and gas. Part 1]. Moscow, Mir, 1982, 375.

5. Veil P.R. Gregori A.P. Mitchem ml. R.M. Sherif R. pod red. Ch. Peiton. Seismicheskaia stratigrafiia. Ispol'zovanie pri poiskakh i razvedke nefti i gaza. Chast' 2 [Seismic stratigraphy. Use in the search and exploration of oil and gas. Part 2]. Moscow, Mir, 1982, 847.

6. Gabdullin R.R. Kopaevich L.F. Ivanov A.V. Sekventnaia stratigrafiia [Sequential stratigraphy]. Moscow, MAKS Press, 2008, 113.

7. Nurgalieva N.G. Raspoznavanie stroeniia i uslovii formirovaniia osadochnykh kompleksov [Recognition of the structure and conditions of formation of sedimentary complexes]. Kazan, izdatel'stvo Kazanskogo universiteta, 2017, 36.

8. Raimbekov Iu.Kh. Usloviia obrazovaniia karbonatnykh otlozhenii triasa i iury Iugo-Vostochnogo Pamira [Conditions for the formation of carbonate deposits of the Triassic and Jurassic Southeast Pamirs]. Moscow, izdatel'stvo MGU, 2015, 20.

9. Silant'ev V.V. Zorina S.O. pod red. Borisova A.S. Osnovy stratigrafii: uchebno-metodicheskoe posobie, Ch. I. [Fundamentals of stratigraphy: a teaching aid, Ch. I.]. Kazan, izdatel'stvo Kazanskogo universiteta, 2009, 81.

10. Kholmovoi G.V. Ratnikov V.Iu. Shpul' V.G. Teoreticheskie osnovy i metody stratigrafii [Theoretical bases and methods of stratigraphy]. Voronezh, izdatel'stvo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 2008, 128.

11. Mubarak Matlak Al'-Khadzheri. Mariam Al'-Saied Modeling of sedimentary basins and oil and gas bearing systems [Modelirovanie osadochnykh basseinov i neftegazonosnykh sistem]. Neftegazovoe obozrenie – Oil and Gas Business, 2009, no. 6, pp. 18–37.