

ДИСКУССИИ

УДК 551.87

**РОЛЬ СЕЙСМОСТРАТИГРАФИИ
И СЕКВЕНССТРАТИГРАФИИ В ИЗУЧЕНИИ
ОСАДОЧНО-ВУЛКАНОГЕННЫХ БАССЕЙНОВ РОССИИ***А.Е. Шлезингер*

Геологический институт РАН, Москва

Поступила в редакцию 10.10.12

Сейсмостратиграфия является революционным методом познания строения земной коры и прежде всего осадочных и осадочно-вулканогенных бассейнов. Роль секвенсстратиграфии значительно скромнее, она может выяснить значение колебаний уровня моря в седиментации.

Ключевые слова: секвенс, тракт, трансгрессия, литмология, шельф, клиноформа.

Сейсмостратиграфия возникла в начале 70-х гг. XX в. на базе цифровой сейморазведки отраженных волн. Она является революционным методом познания строения земной коры и прежде всего осадочных и осадочно-вулканогенных бассейнов. Сейсмостратиграфия стала главным инструментом геологического анализа при поисках, разведке и эксплуатации месторождений нефти и газа.

Секвенсстратиграфия появилась в середине 1980-х гг. на базе сейсмостратиграфии (Seismic..., 1997) благодаря разработкам П. Вейла, его учеников и последователей. Сейсмостратиграфией была разработана методика определения относительных колебаний уровня моря, к циклам которых приурочены определенные толщи горных пород (Sea-level..., 1998; Van Wagoner, 1990). Они были названы секвенсами. К сожалению, этот термин используется и в ином смысле. Поэтому Ю.А. Волож и др. (2004) предложили заменить его «вейлитом».

Секвенс складывается тремя трактами: отложениями низкого уровня моря, трансгрессией и высоким уровнем моря. П. Вейл, его ученики и последователи рассматривают секвенсстратиграфию как направление независимой стратиграфической корреляции, в которой по кривым изменения уровня моря можно расчленять осадочные и осадочно-вулканогенные чехлы плохо изученных бассейнов. В практическом плане секвенсстратиграфия может прогнозировать распространение коллекторов (тракты низкого уровня моря), покрышек (трансгрессивные тракты) и мало-перспективные разрезы (тракты высокого уровня моря). В конце 1980-х — 1990-е гг. группа высококлассных американских специалистов провела в России несколько семинаров, во время которых демонстрировались возможности секвенсстратиграфии, методика выделения секвенсов и слагающих их трактов на конк-

ретном нашем материале и ограниченность ее использования.

К сожалению, применение секвенсстратиграфии в России пошло преимущественно по формальному количественному пути. Во многих производственных организациях при анализе сейсмических материалов специальным пунктом выделялись секвенсстратиграфические исследования временных разрезов, хотя в большинстве районов их применение практически невозможно. Современные компьютерные программы выделения коллекторов, покрышек и перспективных разрезов во многом более объективны, чем нахождения в разрезе границ секвенсов и составляющих их трактов. Одновременно ослабляется использование сейсмостратиграфического анализа в раскрытии генезиса тектонических структур, фаций, неструктурных ловушек и других параметров, извлекаемых из временных сейсмических разрезов. Использование относительных колебаний уровня моря как независимого инструмента также не увенчалось успехом. Это прежде всего связано с тем, что для этих целей можно использовать только эвстатические колебания уровня моря. Тогда как секвенсстратиграфия имеет дело только с относительными колебаниями уровня моря и установление в них эвстатической составляющей вызывает большие трудности и неопределенность. Нет практически ни одного осадочного бассейна на Земле, где бы стратиграфический каркас осадочного чехла был восстановлен по материалам секвенсстратиграфии или в него были бы внесены существенные коррективы.

В настоящее время в России опубликовано много работ, в которых затрагиваются вопросы, связанные с секвенсстратиграфией (Беляева, 2000; Беляева и др., 1998; Био- и секвенсстратиграфия..., 1997; Кародин, 1996; Кириллова, 2001; Маргулис, 1999, 2002,

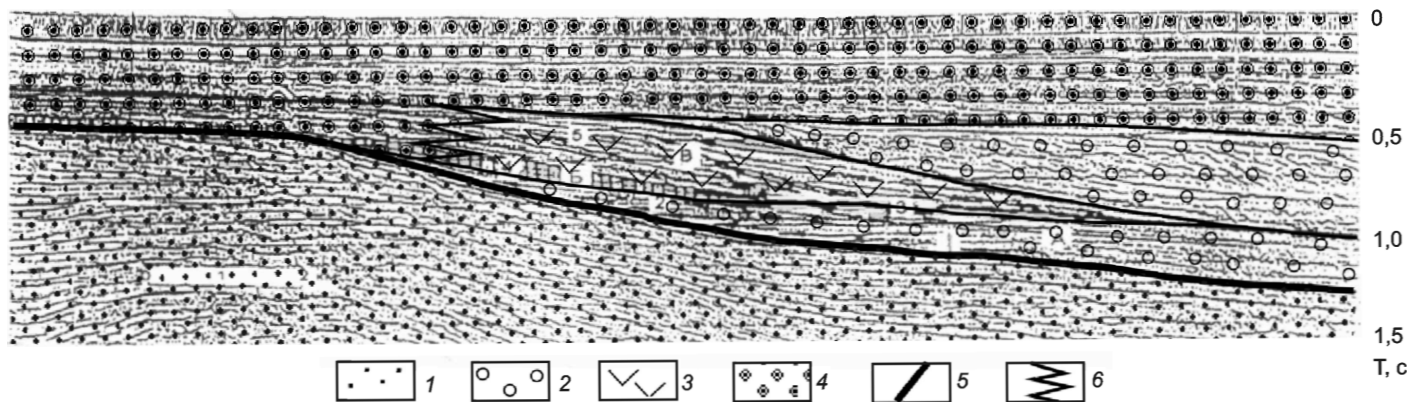


Рис. 1. Сейсмостратиграфическая интерпретация фрагмента временного сейсмического разреза плиоценовых отложений шельфа Северного Сахалина (Маргулис, 2004, рис. 2):

1 — сейсмостратиграфический шельфовый комплекс 1; 2 — относительно глубоководный сейсмостратиграфический комплекс 2, заканчивающийся прислоняющимися слоями; 3 — шельфовая клиноформа; 4 — сейсмостратиграфический шельфовый комплекс 4, перекрывающий комплексы 1 и 2 и частично переходящий в шельфовую клиноформу; 5 — палеосклон (тектоническая флексура); 6 — латеральный переход нижней части разреза комплекса 4 в шельфовую клиноформу. Тонкие линии не являются сейсмическими отражениями

2003, 2004, 2008; Шлезингер, 1998; Pinous et al., 1999). В них рассматриваются секвенсстратиграфические модели, разработанные П. Вейлом, его учениками и последователями. Новый оригинальный материал по осадочным и осадочно-вулканогенным бассейнам России, как правило, не раскрыт с классических позиций секвенсстратиграфии, а чаще она применяется чисто формально.

Рассмотрим семь примеров регионального и локального секвенсстратиграфического анализа, проведенного в разных осадочных бассейнах России.

На фрагменте временного разреза, расположенного на Северном Сахалине, в плиоценовых отложениях выделен секвенс, разделенный на тракты (Маргулис, 2004, рис. 2). Никаких доказательств наличия его и присутствия трактов ни в тексте, ни в подрисуночных подписях не приведено. С позиций сейсмостратиграфии приведенный фрагмент временного разреза может быть проинтерпретирован совершенно иначе (рис. 1). В конце формирования шельфового сейсмостратиграфического комплекса 1 произошло резкое кратковременное опускание, создавшее континентальный склон, представляющий флексурную зону и относительно глубоководную котловину, которая начала захороняться относительно глубоководными отложениями сейсмостратиграфического комплекса 2. В зоне сопряжения шельфа и котловины на поверхности континентального склона была сформирована клиноформа, которая аккумулятивно нарастила тектонический континентальный склон. Слои сейсмостратиграфического комплекса испытали прислонение к тектонической и аккумулятивной (клиноформа) его частям. Континентальный склон и относительно глубоководная котловина перекрыты шельфовым сейсмостратиграфическим комплексом 4. Причем его стратиграфический объем будет уменьшаться по площади палеокотловины. Общая глубина палеокотловины достигает 750 мс (~ 1000 м), причем около 50%

приходится на тектонический флексурный изгиб и 50% на выклинивание клиноформ. Приведенной сейсмостратиграфической интерпретации противоречит выделение секвенсов, как это сделано Л.С. Маргулисом (2004).

Л.С. Маргулис (2004, рис. 3; 2008, рис. 7) привел временной разрез шельфа Западной Камчатки и седиментационную модель плиоценовых отложений шельфа Северного Сахалина по временным сейсмическим разрезам, иллюстрирующим секвенсы и их дистальные части. Однако никаких доказательств того, что они состоят из трактов низкого стояния, трансгрессии и высокого уровня моря, не приводится. На самом деле выделены нормальные сейсмостратиграфические комплексы, местами осложненные шельфовыми клиноформами (Мерклин и др., 2011), и на них наложены ярлыки секвенсов.

На фрагменте временного сейсмического разреза миоценовых отложений шельфа Охотского моря выделены тракты секвенса (Маргулис, 2008). Однако каких-либо доказательств их присутствия не приводится. Более того, трансгрессивный тракт вклинивается в правой части рисунка в тракт высокого стояния, располагаясь внутри него. Исходя из сейсмостратиграфического анализа, можно дать совершенно иную интерпретацию этого разреза (рис. 2). Палеотектонические реконструкции позволяют наметить свод антиформы по сейсмостратиграфическому комплексу 1. В левой и правой частях фрагмента они переходят в синформу. По сейсмостратиграфическому комплексу 3 антиформе соответствует конседиментационная синформа, осевая зона которой несколько смещена в правую часть рисунка. В крайней правой и левой частях рисунка по комплексу 3 намечаются антиформы. По сейсмостратиграфическому комплексу 4 в правой части рисунка может быть выделена глубокая синформа, которая перекосила весь разрез фрагмента слева направо. Думается, что в таком от-

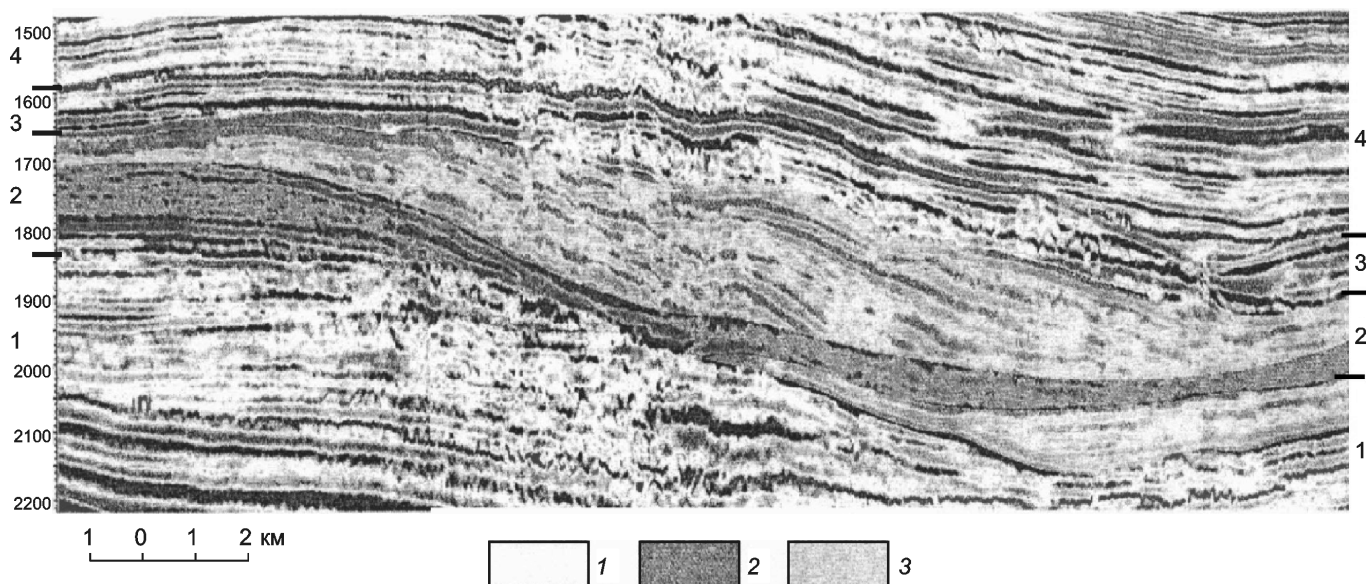


Рис. 2. Сейсмостратиграфическая интерпретация фрагмента временного сейсмического разреза (миоценовые отложения шельфа Охотского моря) (секвенс по Маргулис, 2008):

1—4 — сейсмостратиграфические комплексы. Сейсмостратиграфическую интерпретацию см. в тексте

носителем сложном в тектоническом плане разрезе выделение секвенсов невозможно.

На фрагменте временного сейсмического разреза (Маргулис, 2008, рис. 6) иллюстрируется строение среднемиоценового секвенса (отражающие горизонты 2А-2'). Он состоит из трансгрессивного тракта и тракта высокого стояния уровня моря, представленных проградационными сигмоидами. Тракт низкого уровня моря не выделен, так что подошва секвенса не определена и он занимает ничтожно малую часть временного сейсмического разреза. Остальная часть разреза с позиций секвенсостратиграфии не проинтерпретирована: никаких доказательств наличия трактов разных уровней моря не приведено. Проградационные сигмоиды представляют собой шельфовые клиноформы. В целом фрагмент временного разре-

за иллюстрирует постседиментационную синформу, осложненную локальными деформациями, в которых фиксируются элементы конседиментационной составляющей (рис. 3). Никаких признаков колебаний уровня моря на этом рисунке не обнаруживается.

В секвенсах неоккомских отложений Приобского месторождения Западно-Сибирской плиты (Pinous et al., 1999, fig. 6) выделены тракты низкого, высокого стояния уровня моря и трансгрессивный тракт. Однако каких-либо доказательств их наличия в разрезе не приводится. На нем показана клиноформа, состоящая из ундаформы, ортоформы и фондаформы, сложенная песчаниками и аргиллитами, которая бездоказательно и формально разделена на тракты.

Наконец, на рис. 4 приведена модель строения верхнедевонских рифов (Беляева, 2000), в которой выде-

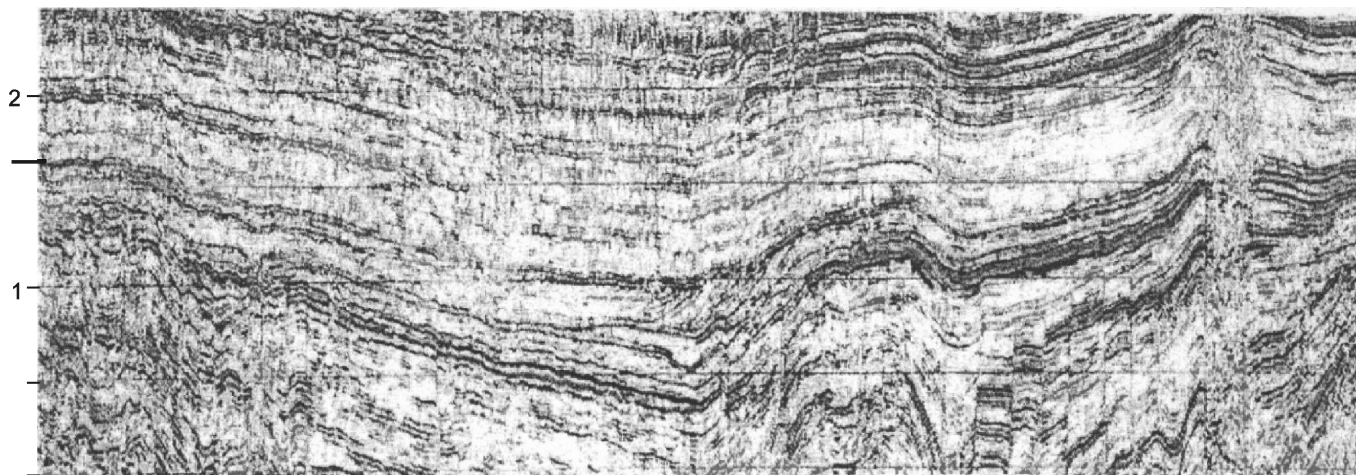


Рис. 3. Сейсмостратиграфическая интерпретация фрагмента временного сейсмического разреза (миоценовые отложения шельфа Берингова моря), иллюстрирующего строение среднемиоценового секвенса (отражающие горизонты 2А-2') (по Маргулис, 2008):

1, 2 — сейсмостратиграфические комплексы. Сейсмостратиграфическую интерпретацию см. в тексте

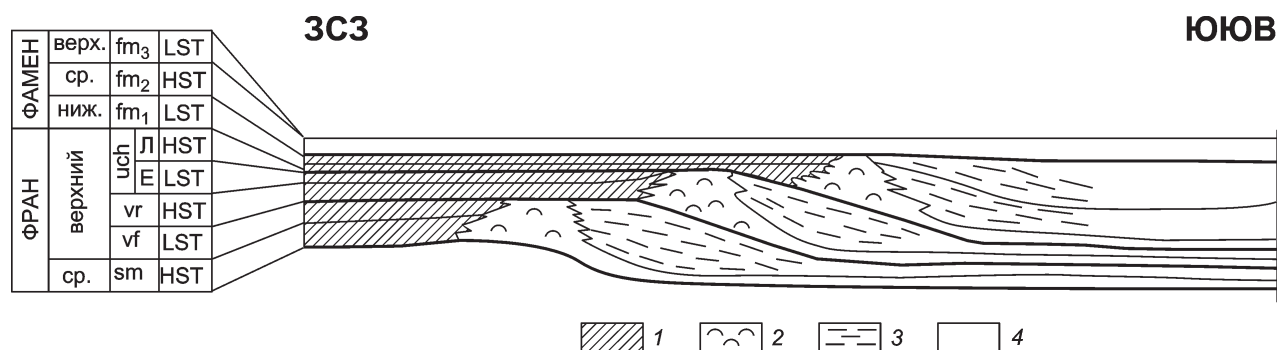


Рис. 4. Модель формирования верхнедевонских рифов Печорского бассейна (Беляева, 1998).

1 — отложения мелководного бассейна (биокластовые, микритовые, ооидные известняки и глинисто-сульфатно-доломитовые отложения); 2 — рифовые постройки (биогермные и водорослевые известняки); 3 — отложения проградационных террас (песчано- и карбонатно-глинистые); 4 — депрессионные отложения (доманикоиды). Границы секвенсов показаны жирными линиями: HST, LST — соответственно тракты низкого и высокого стояния уровня моря

лены тракты низкого и высокого уровня моря. На ней показаны отложения мелководного карбонатного шельфа, рифовые постройки (барьерные рифы), отложения проградационных террас и депрессионные отложения (доманикоиды). Тракт высокого стояния намечается по глинистым пластам на шельфе и росту барьерных рифов, образованных проградацией террас. Л.С. Маргулис (2004), напротив, относит их образование к тракту низкого стояния моря. Однако формирование барьерных рифов, проградационных террас и депрессионных отложений (доманикоидов) связано не с колебаниями уровня моря, а с резким кратковременным депрессионным опусканием, прекрасно вырисовывающимся на приведенной модели по флексурному изгибу подошвы подстилающих дофранских отложений. Оно создало депрессию глубиной 500—700 м, которая привела к образованию барьерных рифов, проградационных террас (клиноформ) и относительно маломощных депрессионных отложений (доманикоидов). В турнейском веке она была захоронена терригенными отложениями.

Приведенные примеры секвенсстратиграфической интерпретации ряда конкретных временных разрезов не позволяют с ними согласиться. Ни в одном случае нет доказательств установления подошвы и кровли секвенсов. Внутреннее их выполнение трактами низкого уровня моря, трансгрессии и высокого уровня моря также ничем не аргументировано. Обычные сейсмостратиграфические комплексы, геологические тела и названы секвенсами. Без какой-либо аргументации они разделены на тракты. В то же время сейсмостратиграфические параметры, позволяющие интерпретировать тектонические, фациальные, седиментационные и другие объекты, полностью исключены из проведенного анализа. Такой формальный подход не вносит ничего нового в по-

знание строения и развития осадочных и осадочно-вулканогенных чехлов бассейнов и не продвигает вперед поиски, разведку и эксплуатацию месторождений нефти и газа.

Как уже указывалось, сейсмостратиграфия является революционным методом познания строения земной коры и прежде всего осадочных и осадочно-вулканогенных бассейнов. Роль секвенсстратиграфии значительно скромнее. Еще в конце 1970-х гг. П. Вейл (Seismic..., 1977) пришел к выводу, что трансгрессии и регрессии акватории иногда не отвечают одноименным вещественным циклитам одновозрастного разреза. Возможно, что этот установленный, но не объясненный П. Вейлом факт может объяснить секвенсстратиграфия при комплексировании полученных ею материалов с литологией (Карогодин, 1996). Но для этого надо отрабатывать достоверные объекты, где границы секвенсов и их тракты имеют строгие доказательства. Такие объекты на территории России пока не установлены, за счет чего часто возникает это несоответствие, и выяснение роли колебаний уровня моря в седиментации может явиться существенным вкладом в научные разработки секвенсстратиграфии, которые не входят в перечень проблем, решаемых сейсмостратиграфией.

Пока, к сожалению, в России секвенсстратиграфия пошла по формальному пути, когда сейсмостратиграфические параметры переводятся в секвенсстратиграфические, при этом никакой дополнительной аргументации не появляется. Более того, конкретные сейсмостратиграфические данные, как показано при рассмотрении рисунков, пропадают. Таким образом, секвенсстратиграфический анализ осадочных и осадочно-вулканогенных бассейнов в России приносит пока не пользу, а вред.

ЛИТЕРАТУРА

Беляева Н.В. Модель седиментации франско-турнейских отложений на северо-востоке Европейской платформы: Автореф. докт. дис. М., 2000. 50 с.

Беляева Н.В., Корзун А.Л., Петрова Л.В. Модель седиментации франско-турнейских отложений на северо-вос-

токе Европейской платформы (в связи с формированием рифовых резервуаров). СПб.: Наука, 1998. 154 с.

Био- и секвенсстратиграфия нефтегазоносных бассейнов // Тез. докл. II междунар. симп. СПб.: ВНИГРИ, 1997. 104 с.

Волож Ю.А., Антипов М.А., Варшавская И.Е. и др. Секвенс-стратиграфия: понятие, современное состояние проблемы // Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция. М.: Научный мир, 2004. С. 388—400.

Карогодин Ю.Н. Методологические вопросы литологии и секвенс-стратиграфии // Геол. и геофиз. 1996. Т. 37, № 4. С. 3—12.

Кирилова Г.Л. Принципы секвенсстратиграфии и их возможные приложения к изучению меловых осадочных комплексов Юго-Восточной России // Тектоника, глубинное строение и геодинамика Восточной Азии. Хабаровск, 2001. С. 62—72.

Маргулис Л.С. Секвенс-стратиграфия — новый уровень науки об осадочной оболочке Земли // Нефтегазовая геология на рубеже веков. СПб.: ВНИГРИ, 1999. Т. 2. С. 21—28.

Маргулис Л.С. Секвенс-стратиграфия и нефтегазоносность Охотоморского региона: Автореф. докт. дис. М., 2002. 50 с.

Маргулис Л.С. Секвенс-стратиграфия и региональные нефтегазоносные комплексы дальневосточных бассейнов // Геодинамика, магматизм и минералогия континентальных окраин Севера Пацифики. Магадан, 2003. Т. 2. С. 14—15.

Маргулис Л.С. Секвенс-стратиграфия как метод исследования седиментационной структуры и прогноза нефтегазоносности осадочно-породных бассейнов // Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов России. СПб.: Недра, 2004. С. 15—29.

Маргулис Л.С. Секвенс-стратиграфия в изучении строения осадочных чехлов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2008. № 3. С. 1—26.

Мерклин Л.Р., Путанс В.А., Шлезингер А.Е. Шельфовые клинья (терригенные уступы) и клиноформы в отложениях мезозоя и кайнозоя // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2011. Т. 86, вып. 4. С. 3—6.

Шлезингер А.Е. Региональная сейсмостратиграфия // Тр. Геол. ин-та РАН. Вып. 512. М.: Научный мир, 1998. 144 с.

Pinous O.V., Karogodin Y.N., Ershov S.V., Sahagian D.L. Sequence stratigraphy, facies and sea level change of the Hauterivian productive complex, Priobskoe oilfield (West Siberia) // AAPG Bull. 1999. Vol. 83, N 6. P. 972—989.

Sea-level changes: an integrated approach // Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Spec. Publ. 1998. N 42. 407 p.

Seismic stratigraphy-application to hydrocarbon exploration // Amer. Ass. Petrol. Geol. Mem. 1977. Vol. 26. 516 p.

Van Wagoner J.S., Mitchum R.M., Campion K.M., Rahmanian V.D. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrops: concepts of high-resolution correlation of time and facies // Amer. Ass. Petrol. Geol. Methods in Exploration Series. 1990. N 7. 55 p.

ROLE OF SEISMIC STRATIGRAPHY AND SEQUENCE STRATIGRAPHY IN STUDYING OF SEDIMENTARY-VOLCANIC BASINS OF RUSSIA

A.E. Shlezinger

Seismic stratigraphy is a revolutionary method of the Earth crust knowledge and first of all the sedimentary-volcanic and sedimentary basins. The role of sequence stratigraphy is considerably more modest. It can promote the knowledge about the role of sea-level changes in sedimentation.

Key words: sequence, tract, transgression, lithology, shelf, clinoform.

Сведения об авторе: *Шлезингер Александр Ефимович* — докт. геол.-минерал. наук, гл. науч. сотр. ГИН РАН, e-mail: gin@ginras.ru