

УДК 551.461.2

Е.Г.Конигов¹

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ НА СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ ШЕЛЬФЕ ЧЕРНОГО МОРЯ В ПОЗДНЕМ НОВОЭВКСИНЕ И ГОЛОЦЕНЕ

Для моделирования процесса осадконакопления использованы данные сплошного шагом 2 — 2,5 см опробования. Применен спектральный анализ к обработке рядов параметров состава и свойств донных отложений. Установлена разночастотная периодичность процесса осадконакопления, которая отражает колебательный характер уровня моря и изменчивость гидродинамического режима моря. Выделены статистически значимые периоды, которые по продолжительности (в годах) составляют: 4091-4043; 2730-2380; 2050-1920; 1637-1540; 1150-956; 690-580; 300-260; 136-110; 91-73 и соответствуют известной астрофизической и глобально климатической периодичности геологических процессов. Выполнено датирование трансгрессивно-регрессивных фаз бассейна в голоцене.

Введение

Седиментогенез — сложный геологический процесс, как известно, зависящий от многих природных факторов: источников поступления терригенного материала и особенностей его переноса и накопления; химического состава воды, условий минералообразования и биопродуктивности бассейна седиментации; глубины бассейна, зависящей от направленности и скорости тектонических движений и эвстатических (климатических) колебаний его уровня; гидродинамической активности и других [1, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 13].

Дифференциация терригенного и биогенного материала и скорость осадконакопления в значительной степени определяется двумя последними из перечисленных факторов. Около 80% по массе поступающих в седиментационный бассейн терригенного материала и биогенной составляющей осадков концентрируется на мелководье (в пределах шельфовой зоны), т.е. в пределах первого пояса лавинной седиментации [9, 10]. При этом литофациальная изменчивость шельфовых отложений в целом подчиняется известному закону Вальтера-Головинского — перемещение в пространстве прибрежных и мелководных литофаций вслед за положением уровня моря [3, 21].

Исходя из вышеизложенного, многие исследователи [2, 4, 12, 13, 17, 22, 27] пришли к логичному заключению о возможности реконструкции изменения уровня бассейна седиментации и его гидродинамической активности по результатам изучения литологического и геохимического состава осадков и условий их залегания (анализа разрезов осадочных толщ). Построенные таким образом реконструкции (палеогеографические модели) в боль-

¹ ©Е.Г.Конигов

¹ Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, г. Одесса, Украина

шинстве случаев по своей сути являются качественными (атрибутивными). Значительно реже в практике подобных исследований встречаются количественные модели, основанные на количественной (числовой) информации, обработанной с помощью математического анализа данных. В отечественных и зарубежных литературных источниках приводятся описания математических моделей реконструкций палеоклимата и колебаний уровня морей и океанов [6, 9, 18, 19, 23, 26 и др.]. Наиболее точны и достоверны те из них, что построены на основании результатов анализа колонок арктического или антарктического льда и колонок океанических осадков, очень дробно опробованных [18, 23, 26]. В качестве исходного материала для математической обработки и моделирования используются данные измерения во льдах и осадках некоторых характерных элементов- изотопов (O^{18} , O^{16} , C^{14} , C^{12} , N и др.) и зернового состава осадков. В наших предыдущих публикациях, посвященных этой проблеме, было доказано, что для решения такой задачи с успехом могут быть использованы данные измерения параметров физических и механических свойств донных отложений, а также химического состава и солености содержащихся в них поровых вод [3, 8, 9, 10].

Основная задача представленных в данной статье исследований заключалась в изучении периодичности процесса осадконакопления на северо-западном шельфе и построении его математической модели, а также уточнении на основе моделирования реконструкции колебаний уровня Черного моря в позднем новоэвксине и голоцене.

Фактический материал

Исходным материалом, используемым для решения поставленной задачи, послужили колонки 16-ти вибропоршневых скважин, расположенных на северо-западном шельфе Черного моря (рис. 1). В этих скважинах по всей длине колонок (минимальной длиной $\approx 1,2$ м и максимальной до 4,5 м) было выполнено рентгенографическое изучение строения (текстур и структур) [4]. В образцах длиной 2—2,5 см, отобранных из керна без пропусков, были

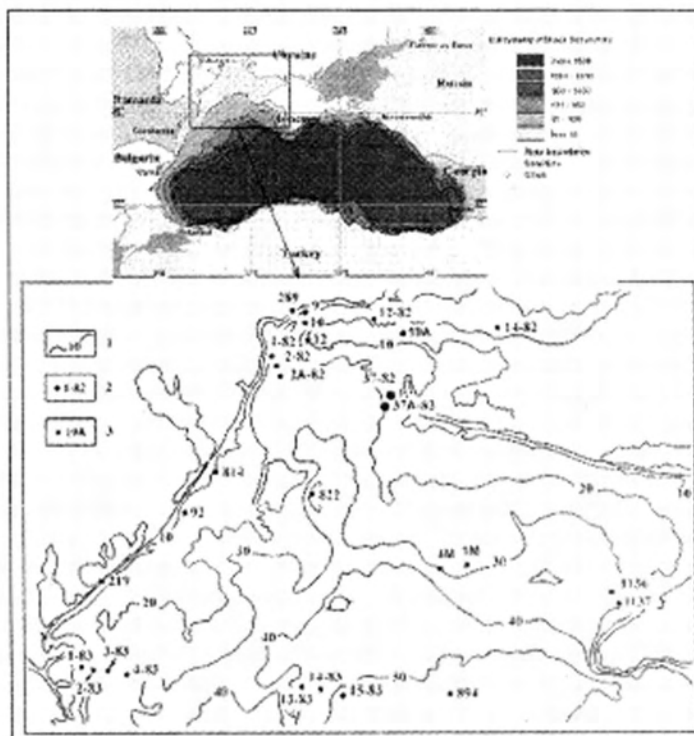


Рис. 1. Схема района исследований [21] 1 — изобаты; 2 — вибропоршневые скважины сплошного опробования; 3 — колонковые скважины, в которых выполнено датирование новоэвксинских отложений.

выполнены гранулометрический анализ, анализ содержания CaCO_3 , $\text{C}_{\text{орг}}$ и определение параметров основных показателей физических (влажность, плотность, пластичность, консистенция, пористость) и механических свойств (пенетрация, сопротивление крыльчатому срезу) в некоторых из них.

В большинстве скважин были получены ряды по 100-150 значений каждого из параметров. В двух скважинах (37-82, 37А-82) было сделано определение возраста осадков радиоуглеродным методом. В большинстве скважин определялись соленость поровых вод (скв. №№ 37-82, 37А-82, 2-82, 2А-82 14-82, 1-83, 14-83, 15-83, 1136, 1137), а в скважинах 1136, 1137, 14-82, 2-82, 15-83 — макрокомпонентный химический состав поровых вод. Кроме того, в скважинах № 1136 и № 14-82 выполнено изучение количественного и видового состава фораминифер [4].

Методика исследований

Изучение текстуры осадков производилось на образцах-срезах толщиной 7-10 мм и длиной до 10 см на рентгеновской установке [4]. Отбор образцов для анализа осуществлялся по всей длине керна скважин.

Структурные особенности осадков были исследованы по отдельным образцам из каждой скважины с помощью электронного сканирующего микроскопа РЭМ-101М [4]. Исследования выполнены для различных по составу илистых отложений.

Гранулометрический анализ алевро-пелитовых фракций отложений выполнялся по методике Качинского (пипеточный анализ), а песчаных и крупнообломочных — ситовым способом. В каждой пробе параллельно был сделан микроагрегатный и дисперсионный анализ тонкодисперсных фракций. Это позволило установить степень агрегативности глинистых и глинисто-алевритовых илов.

Показатели физических свойств отложений были определены по стандартным грунтоведческим методикам: плотность минеральной части грунтов — пикнометрическим методом; плотность естественного сложения — методом режущего кольца; природная влажность — методом высушивания при температуре 105-107 °С; верхний предел пластичности — конусом Васильева и нижний — по методу раскатывания грунта в жгут.

Пластическая прочность осадков изучалась с помощью микропенетрометра (модифицированная конструкция пластометра Ребиндера), а сопротивление срезу — микрокрыльчаткой в том же приборе.

Пробы воды для анализа химического состава поровых вод были получены в результате отжима в гидравлическом прессе или в спиртовых вытяжках. В отдельных случаях применялся метод центрифугирования [8]. Во всех пробах вод была определена их соленость. Состав макрокомпонентов (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , CO_3^{2-} , HCO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^-) анализировался не во всех скважинах и образцах. Их определение выполнялось химико-аналитическим способом [3, 8].

Математическая обработка результатов лабораторных исследований показателей состава и свойств отложений производилась с помощью модулей "Статистика" (кросс-корреляция, тренд-анализ, спектральный анализ рядов, адаптированное сглаживание и др.).

Результаты и их обсуждение

В результате изучения структурно-текстурных особенностей донных отложений шельфа, образовавшихся в различных обстановках осадконакопления, был установлен ряд важнейших закономерностей и особенностей их строения [3, 4].

Относительно молодые тонкодисперсные осадки новочерноморского возраста характеризуются преимущественно ячеистым типом микроструктуры; уплотненным глинистым отложениям, имеющим пластичную консистенцию, свойственна матричная структура, а алевритистые, или суглинистые отложения древнечерноморского и новоэвксинского возраста имеют, преимущественно, скелетное микростроение [4].

По данным рентгенографии отложений были выделены следующие основные типы текстур: массивная, горизонтальнослоистая, наклоннослоистая, волнистослоистая, биокластическая (слойки мелкой ракушки и детрита с глинистой компонентой), биотурбационная (следы переработки первичных текстур роющими организмами), текстура эрозии (размыва), микро-слойки ($\approx 2-5$ мм) торфов и некоторые другие редко встречаемые [4].

Характерными особенностями шельфовых отложений являются: 1) мощность осадков с текстурой определенного типа составляет от 5 — 15 мм до 20 — 40 мм, мощность слоёв в слоистых текстурах — 1—3 мм, редко до 5 мм; 2) для отложений, накапливающихся в относительно мелководных условиях и в активных гидродинамических обстановках, характерно преобладание слоистых и биокластических текстур.

Во всех колонках исследуемых скважин наблюдается отчетливая закономерность, проявляющаяся в чередовании определенных типов текстур. В качестве примера приведем текстурные колонки некоторых скважин (рис. 2а). При этом в большинстве случаев нам удалось установить цикличность (периодичность) в чередовании текстур. Так, в скважине № 1136 с помощью статистической обработки выявлена “устойчивая” цикличность, представленная двух- и трехэлементными циклами (рис. 2б). На рисунке видно, что различные типы осадочных текстур закономерно и ритмично чередуются и образуют циклы. Циклы выделяются как многоэлементные, состоящие из нескольких осадочных текстур: в основном трехэлементные (новочерноморские осадки) и двухэлементные (древнечерноморские и новоэвксинские отложения). Размер (длина или мощность) трехэлементных циклов изменяется в основном от 25—30 см до 40—50 см. Этот цикл начинается со слоёв с волнистой текстурой, затем осадки с горизонтальнослоистой текстурой, и завершается массивной. Это свидетельствует о том, что с увеличением глубины моря осадки становятся более тонкозернистыми и теряют слоистый характер. Двухэлементные циклы состоят из массивной и биокластической либо массивной и наклоннослоистой текстур. Наличие в разрезах отложений с биокластической и наклоннослоистой текстурами свидетельствует о повышенной гидродинамической активности моря и близости к береговой линии, т.е. в древнечерноморское и новоэвксинское время в районе современного Каркинитского залива существовала мелководная лагуна. О том же свидетельствуют текстура размыва и слойки торфа. Таким

образом, особенности изменчивости текстуры отложений, показанные на примере скважины № 1136, отражают изменение гидродинамического режима моря, связанного с колебанием его уровня.

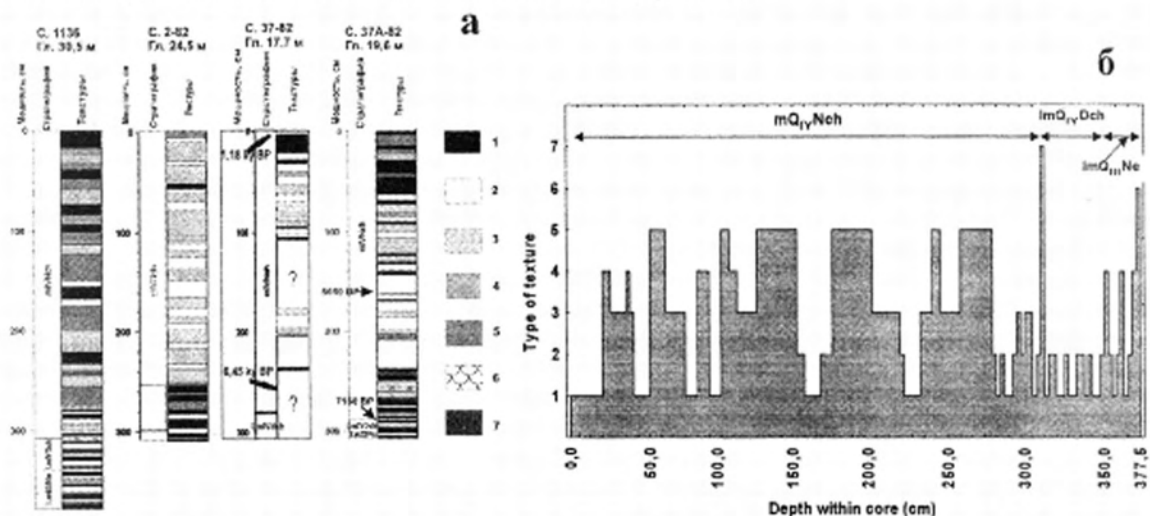


Рис. 2. Текстурные колонки скважин (а) и результаты статистической обработки (б)
Текстуры [4]: 1- биокластическая (слойки раковин и детрита); 2- массивная; 3- горизонтальнослоистая; 4- волнистослоистая; 5- косослоистая; 6- текстура размыва (эрозионная); 7 — биоморфная.

С помощью спектрального анализа рядов, представленных значениями параметров гранулометрического состава и физических свойств (естественная влажность, плотность минеральной части (удельный вес осадков), верхний предел пластичности, коэффициент пористости) установлен периодический характер изменчивости этих параметров по колонкам. Были выделены статистически значимые периоды различной частотности. Примечательно то, что в разных скважинах и по различным показателям состава и свойств получены одинаковые либо близкие по размерам (длине) статистически значимые периоды.

Следует также отметить, что для рядов, представленных величинами плотности минеральной части осадков (удельный вес) и коэффициента пористости, характерно увеличение роли высокочастотной компоненты изменчивости, т.е. “мелких” по размерам периодов.

Следующий этап моделирования заключался в построении “сглаженных” кривых изменения параметров состава и свойств осадков по глубине с шагом сглаживания, соответствующим величинам статистически значимых периодов, их совместный анализ и пересчет величин периодов из линейного во временной масштаб на основе использования имеющихся датировок возраста по ^{14}C . Процедура сглаживания выполнялась по функции Бартлетта (Bartlett) в модуле “Анализ временных рядов” пакета “Статистика”. Наиболее интересные результаты процедуры сглаживания представлены на рисунках 3, 4, 5, 6, 7. Пересчет величин периодов из линейного во временной масштаб осуществлялся по простой схеме: в интервале колонки скважины между двумя соседними значениями абсолютного возраста подсчитывалось количество каждого из статистически значимых периодов, а затем временной интервал делился на эту величину. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица

Результаты спектрального анализа

№№ скважин. Место расположения	Глубина моря, м	Длина колон- ки, м	Параметры свойств	Статистически значимые периоды в см	Статистически значимые периоды в тыс. лет.
1136, Каркинитский залив	30.5	3.775	Влажность	177.5, 118.3, 88.75, 71.0, 27.3, 32.28, 11.45, 19.73, 25.3	4.09, 2.73, 2.05, 1.64, 0.63, 0.74, 0.26, 0.46, 0.58.
			Плотность	177.5, 118.3, 20.88, 59.18, 11.45, 71, 32.28, 8.05, 14.2	4.09, 2.73, 0.48, 1.36, 0.24, 1.64, 0.74, 0.19, 0.34.
37-82, взморье о.Тендра	17.7	3.08	Влажность	56.8, 94.66, 12.9, 18.94, 9.8, 47.34, 31.56, 6.76	1.15, 1.92, 0.26, 0.38, 0.20, 0.96, 0.63, 0.14.
			Плотность	10.52, 76, 5.16, 56.8, 4.36, 94.66, 10.14, 4.18.	0.21, 1.54, 0.10, 1.15, 0.09, 1.92, 0.20, 0.08.
37А-82, взморье о.Тендра	19.6	3.06	Влажность	*)10.86, 76, 8.94, 5.62, 19, 7.24, 5.06, 10.17, 6.9.	*) 0.34, 2.40, 0.28, 0.18, 0.6, 0.29, 0.16, 0.32, 0.22.
			Плотность	**)42.66, 14.22, 5.12, 4.56, 10.66, 21.34, 7.51, 7.1, 11.62.	**) 0.7, 0.13, 0.08, 0.07, 0.17, 0.34, 0.12, 0.11, 0.19.
2-82, Одесский залив	24.5	3.10	Влажность	142, 94.66, 71, 56.8, 31.56, 10.14, 35.5, 4.36, 47.35.	4.04, 2.64, 2.01, 1.61, 0.9, 0.29, 1.01, 0.12, 1.34.
			Плотность	10.52, 71, 5.16, 56.8, 4.36, 94.66, 10.14, 5.08, 4.18.	0.3, 2.01, 0.15, 1.61, 0.12, 2.64, 0.29, 0.145, 0.11.
			Верхний предел пластич- ности	142, 94.66, 56.8, 31.56, 71, 10.14, 47.35, 28.4, 5.46.	4.04, 2.64, 1.61, 0.9, 2.01, 0.29, 1.34, 0.81, 0.16.
2А-82, Одесский залив	25.06	2.905	Влажность	89.34, 67, 33.5, 15.76, 7.44, 9.58, 10.3, 4.08.	2.48, 1.66, 0.99, 0.44, 0.21, 0.27, 0.29, 0.11.
			Кэффи- циент пористости	44.67, 67, 4.06, 16.74, 7.44, 15.76, 22.34, 24.36, 7.08.	1.24, 1.66, 0.12, 0.46, 0.21, 0.44, 0.62, 0.68, 0.20.

Примечания: *) верхняя часть разреза (отложения моложе 5.05 тыс. лет); **) нижняя часть разреза (отложения, накопившиеся между 5.05 - 7.15 тыс. лет назад). ***) по всей колонке. Курсивом выделены значения периодов, рассчитанные для скважин, в которых граница между новочерноморскими и древнечерноморскими слоями условно принята - 7,15 тыс.л.н.. Величины периодов приведены в статистической значимости.

Из анализа таблицы следует, что из 8 — 10 значимых периодов для приведенных скважин и параметров состава и свойств их значения близки или равны. Это может означать только то, то периодический характер изменчивости показателей состава и свойств осадков северо-западного шельфа контролируется общими факторами седиментации. Такими факторами, как указывалось выше, являются уровень моря и гидродинамический режим бассейна седиментации.

С точки зрения построения количественной модели осадконакопления, с учетом разнопериодической компоненты, особый интерес представ-

ляют две из исследуемых скважин: № 37-82 и № 37А-82, по которым имеются датировки возраста отложений (рис. 3, 4). Например, в скважине 37А-82 в 1984 г (в Институте геофизики НАН Украины) по пяти образцам фауны моллюсков радиоуглеродным методом, а в 2005 г в School of Earth and Environmental Sciences, University of Wollongong (Австралия) по методу AMS в 2-х образцах был определен возраст отложений. В этой скважине по кривым сглаживания (кривые 2 и 3, рис. 3) для пиковых значений с учетом двух датировок, полученных по методу AMS, было выполнено их датирование. Расчетные датировки весьма удовлетворительно совпадают с полученными валовым методом. Аналогичным способом выполнена обработка результатов спектрального анализа для скважины № 37-82 (рис. 4).

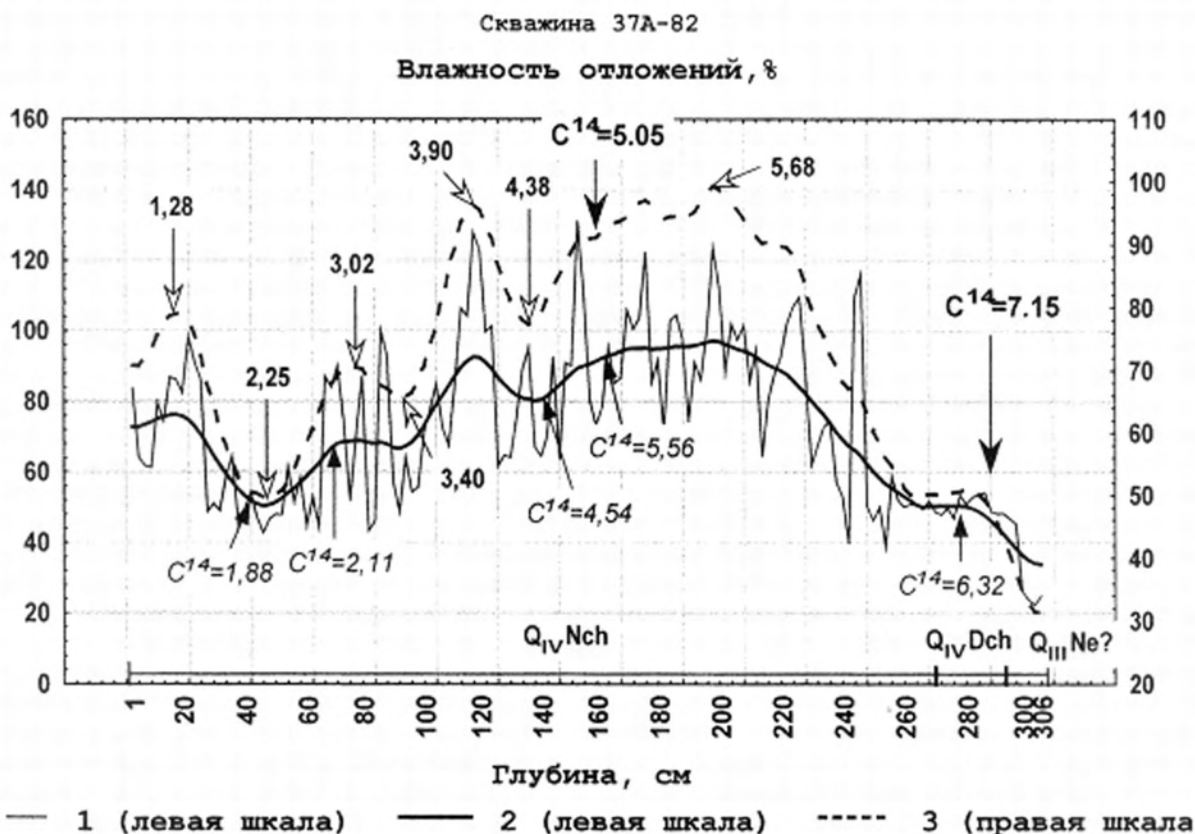


Рис. 3. Результаты спектрального анализа данных определения естественной влажности в скважине 37А-82

1 — изменение параметра по результатам опробования; 2 — кривая сглаживания с периодом 42 см; 3 — кривая сглаживания с периодом 34 см. Возраст отложений по описанию фауны моллюсков: $Q_{IV}Nch$ — новочерноморские; $Q_{IV}Dch$ — древнечерноморские; $Q_{III}Ne$ — новозвксинские. Датировки возраста отложений: $C^{14} = 7.15$ — по методу AMS, $C^{14} = 4.54$ — по валовому методу, 3,90 — расчетные значения.

При содержательной интерпретации представленных на рисунках 3—7 расчетных моделей мы исходили из доказанного нами и другими исследователями положения о том, что при увеличении глубины моря на его дне накапливаются наиболее тонкодисперсные осадки, имеющие относительно высокую влажность, пластичность и пористость [3, 9, 12 и др.].

При уменьшении глубины бассейна осадконакопления образуются относительно более “грубые” осадки, отличающиеся низкими величинами влаж-

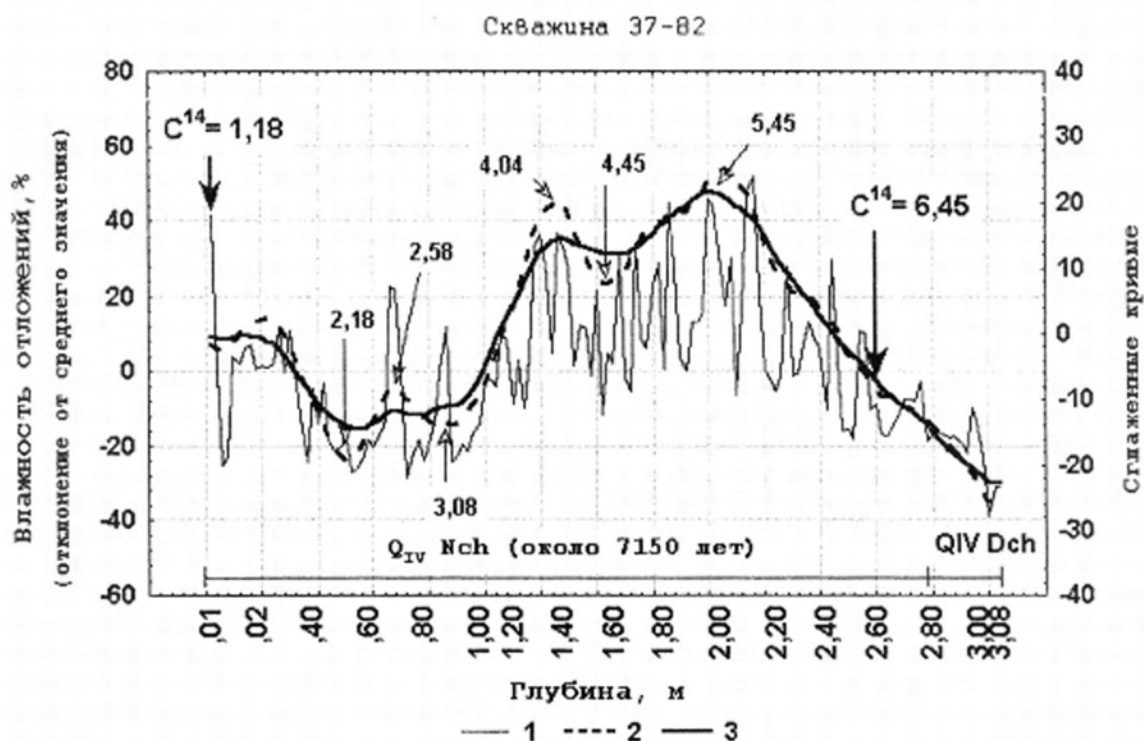


Рис. 4. Результаты спектрального анализа данных определения естественной влажности в скважине 37-82

1 — изменение параметра по результатам опробования; 2 — кривая сглаживания с периодом 31,54 см; 3 — кривая сглаживания с периодом 56,8 см. Остальные условные обозначения см. на рис. 3.

ности и пористости. Иными словами, “положительные” пики на кривых этих параметров можно соотнести с максимумами трансгрессий, а “отрицательные” — с пиками регрессий морского бассейна.

Сравнивая результаты радиоуглеродного датирования по указанным скважинам (рис. 3,4) и расчетные значения возраста отложений с данными описания фауны моллюсков и стратиграфическим расчленением керна, следует обратить внимание на некоторое их расхождение. Так, по фаунистическим остаткам (крупные раковины *Hydrobia ventrosa.*, мелкие *Cardium ed.*, мелкие раковины и обломки *Dreissena pol.*) по скважине 37А-82 отложения в интервале глубин от 278 — 280 см до 294 см были отнесены к древнечерноморским слоям.

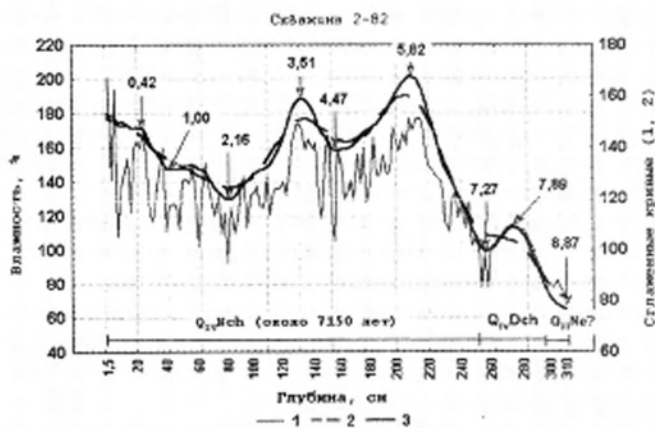


Рис. 5. Результаты спектрального анализа данных определения естественной влажности в скважине 2-82

1 — изменение параметра по результатам опробования; 2 — кривая сглаживания с периодом 56,8 см; 3 — кривая сглаживания с периодом 31,56 см. Остальные условные обозначения см. на рис. 3.

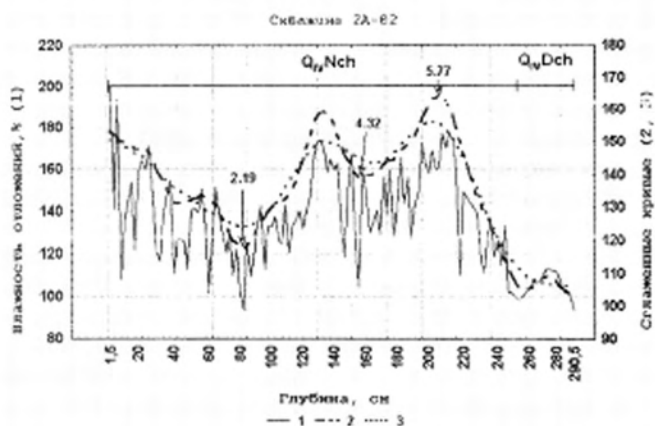


Рис. 6. Результаты спектрального анализа данных определения естественной влажности в скважине 2А-82
1 — изменение параметра по результатам опробования; 2 — кривая сглаживания с периодом 33,5 см; 3 — кривая сглаживания с периодом 67 см. Остальные условные обозначения см. на рис. 3.

Состав фауны свидетельствует об условиях осадконакопления в слабо соленом бассейне, что в целом подтверждается результатами анализа солености поровых вод (от 10 до 14,3 г/л) [8]. В то же время абсолютная датировка по раковине *Hydrobia ventrosa* в нижней части этого слоя дает возраст 7,15 тыс. лет.

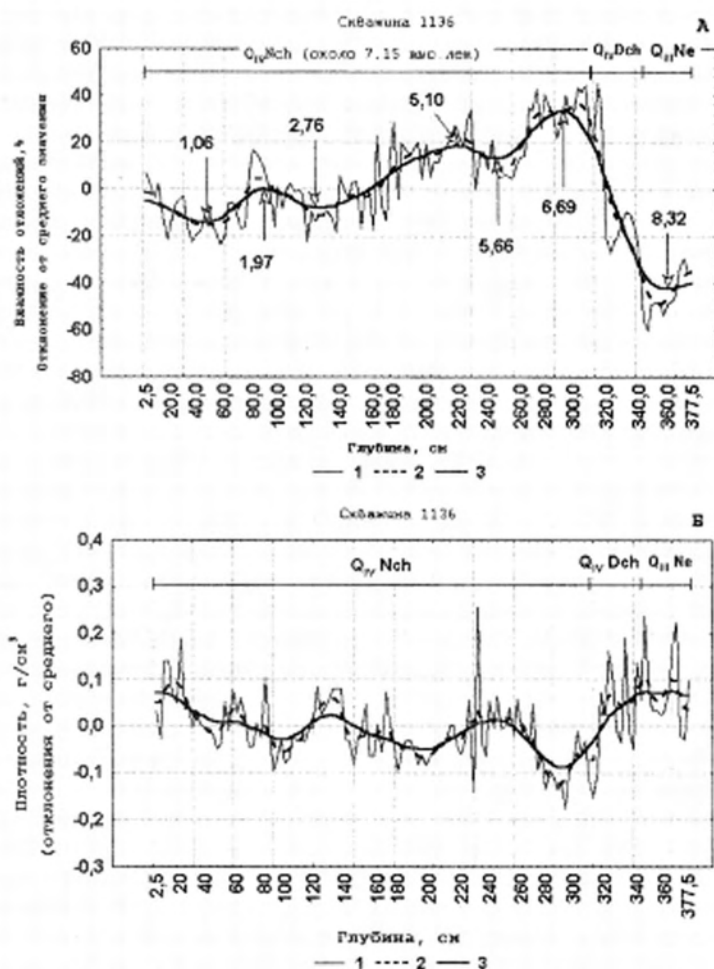


Рис. 7. Результаты спектрального анализа данных физических свойств осадков в скважине 1136
А — влажность отложений: 1 — изменение параметра по результатам опробования; 2 — кривая сглаживания с периодом 30 см; 3 — кривая сглаживания с периодом 59,2 см. Б — плотность минеральной части: 1 — изменение параметра по результатам опробования; 2 — кривая сглаживания с периодом 21 см; 3 — кривая сглаживания с периодом 59,2 см. Остальные условные обозначения см. на рис. 3.

По мнению многих исследователей Черноморского бассейна [5, 14, 19 и др.], граница между новочерноморскими и древнечерноморскими слоями приходится на 7,1 — 7,5 тыс. лет назад. С этой датой связывается этап начала осолонения бассейна. В соответствии с этим дата 7,15 тыс. лет назад была принята нами для расчетов в качестве начала новочерноморского эта-

па развития Азово-Черноморского бассейна. При построении моделей осадконакопления по остальным скважинам, в которых радиоуглеродное датирование не выполнено, граница слоев, установленная по описанию кернов, была также принята равной 7,15 тыс. лет. В соответствии с процедурой, описанной выше, в каждой из скважин были оцифрованы пики сглаженных кривых.



Рис. 8. Реконструкция изменения уровня моря по положению древних береговых линий и результатам датирования по ^{14}C в сопоставлении с моделью седиментации по с. 1136.

Примечательно, что, несмотря на относительную условность датировки границы древнечерноморских и новочерноморских слоев в этих скважинах, результаты вычисления пиковых значений кривых, идентифицированных как следствие трансгрессий и регрессий, соответствуют нашим реконструкциям колебаний уровня моря и Мирового океана в голоцене (рис. 8), а также представлениям других исследователей [6, 7, 10, 14, 17, 18, 19, 29].

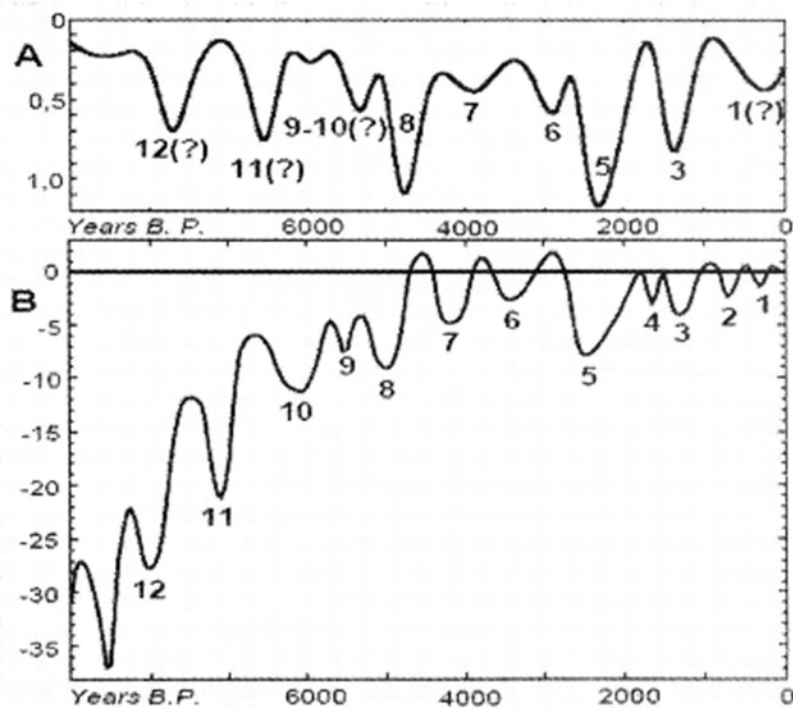


Рис. 9. А — скорость седиментации (в мм/год) в Каркинитском заливе, рассчитанная на основе корреляции между скважинами 1136 и GISP2 (А), В — кривая изменения уровня Черного моря (по Зубакову [5]). Цифрами на кривых обозначены трансгрессивно-регрессивные фазы [28].

В этой связи большой интерес представляет сравнительный анализ приведенной в данной статье модели (рис. 7), построенной по скважине № 1136 (Каркинитский залив), с моделью, предложенной В.И. Шмуратко [28]. Для построения своей модели колебательного режима уровня Черного моря он использовал данные по свойствам этой скважины, скоррелированные с результатами опробования льда Гренландии (GISP2). Согласно его модели (рис. 9) граница новозвксин-голоцен соответствует дате 8,6-9,1 тыс. лет назад [28] и приурочена к глубинам 345-350 см по колонке этой скважины. Примечательно, что характер колебания уровня моря по кривой В.И. Шмуратко в целом соответствует нашей модели седиментации в Каркинитском заливе и другим, приведенным в статье.

Заключение

Результаты изучения изменчивости по глубине текстуры, состава и физических свойств донных отложений свидетельствуют о ее скачкообразном неравномерном характере. Гипотеза о связи осцилляций значений указанных параметров и свойственной им периодической составляющей этих рядов с колебательным режимом уровня моря и его гидродинамической активностью получила подтверждение в результате применения для обработки рядов спектрального анализа. Выявленная периодичность имеет различную частоту (длину, продолжительность). В числе наиболее часто повторяющихся статистически значимых периодов следует выделить следующие (в тыс. лет): 4,09-4,04; 2,05-1,92; 1,64-1,54; 1,15-0,96; 0,66-0,61-0,58; 0,30-0,26; 0,14-0,11; 0,09-0,07. Второй и третий из перечисленных периодов соответствуют известным циклам увлажненности климата северного полушария по А.В. Шнитникову [16], а первый — удвоенному циклу увлажненности. Четвертый и пятый периоды из списка примерно равны половине цикла Шнитникова и, как известно, в среднем отвечают по продолжительности трансгрессивным или регрессивным фазам голоцена. Весьма характерным является также среднечастотный цикл, равный в среднем длительности в 640 лет. Этот цикл соответствует в целом равному ему по продолжительности циклу функции барицентрического движения Солнца (649,5-760 лет). Выделенные нами среднечастотные и высокочастотные периоды, вероятно, связаны с периодичностью солнечной активности и других астрофизических параметров [11, 15, 18, 22]. Примечательно также и то, что два последних из перечисленных выше периодов по своей продолжительности равны диапазону точности радиоуглеродного метода датирования голоценовых и верхнеплейстоценовых отложений.

Таким образом, предлагаемая модель, построенная на основе статистической обработки рядов параметров состава и свойств донных отложений с шагом опробования 2 — 2,5 см, вполне достоверна и точно описывает процесс седиментации на шельфе и позволяет выполнить детальную реконструкцию изменения уровня моря в голоцене и даже позднем новозвксине. В результате выполненных расчетов представляется возможным установить и датировать основные этапы геологической истории бассейна. В частности, получили подтверждение по количеству крупных трансгрессивно-регрес-

сивных фаз (≈ 2000 лет) в голоцене ранее выделенные по результатам анализа геологических разрезов в лиманах, подтвержденные биостратиграфическим методом и данными радиоуглеродного датирования (рис. 8). По данным моделирования были рассчитаны даты экстремальных снижений уровня Черного моря и разделяющих их трансгрессивных этапов, выделенных разными авторами [1, 4, 12, 14, 25, 29] и обобщенных нами в стратиграфической схеме северо-западного Причерноморья [20]: Древнечерноморская регрессия (8,3-8,1 тыс.л.н.); Позднечерноморская трансгрессия (7,15-6,7 тыс.л.н.); Тираская регрессия (6,51-6,2 тыс.л.н.); Раннеочерноморская трансгрессия (климатический оптимум) — 5,77-5,45 тыс.л.н.; Хаджибейская регрессия (4,32-4,45 тыс.л.н.); собственно Каламитская трансгрессия (4,04-3,90 тыс.л.н.); Ольвийская регрессия (первая фаза — 3,4-3,08 тыс.л.н., вторая (основная) фаза — 2,25-2,18 тыс.л.н.); Нимфейская трансгрессия (1,28-1,18 тыс.л.н.).

На фоне этих крупных тысячелетних циклов, проявляющихся в значительных по амплитуде колебаниях уровня моря (от 5 до 15 м), можно выделить относительно менее продолжительные периоды, которые не всегда проявляются в разрезах толщ голоценовых отложений в виде размывов или в отчетливой смене литофаций, а отражаются только в изменчивости физических свойств осадков (особенно при глубинах бассейна седиментации более 18 — 20 м).

Однако следует отметить, что, несмотря на очевидные преимущества и уникальность, предложенная модель осадконакопления, созданная на основе спектрального анализа (разложение Фурье) имеет два недостатка [22]. Первый заключается в определенных ограничениях самого спектрального анализа: обрабатываемые (“временные”) ряды должны быть непрерывными и иметь одинаковые интервалы опробования; результаты анализа не дают представления о структуре периодичности, в частности, выявить роль периодов различной частотности на протяжении всего ряда и на отдельных его участках. Решить эту проблему можно на основе использования вейвлет-функций наряду со спектральным анализом [22]. Второй недостаток заключается в том, что описанный способ моделирования не позволяет непосредственно моделировать уровень моря и амплитуду его колебаний, поскольку пока не установлены достаточно надежные и однозначные количественные зависимости между глубиной бассейна и параметрами состава и свойств отложений. Указанная проблема является предметом наших дальнейших исследований.

1. *Архангельский А.Д., Страхов Н.М.* Геологическое строение и история развития Черного моря.— Москва, Ленинград: Изд-во Академии наук СССР, 1938.

2. *Баландин Ю.Г., Мельник В.И.* События голоцена на северо-западном шельфе Черного моря по радиоуглеродным данным/ Институт геологических наук АН УССР.— Киев, 1987.— 45 с. (Препринт 87-11).

3. *Воскобойников В.М., Ротарь М.Ф., Конигов Е.Г., Леонов Ю.В.* Закономерности формирования инженерно-геологических свойств лиманных и морских отложений северо-западного шельфа Черного моря //Материалы по изучению четвертичного периода на территории Украины — Киев: Наукова думка, 1982b.— С. 123—132.

4. *Геология шельфов УССР. Литология* /Гл. ред. Е.Ф. Шнюков.— Киев: Наукова думка, 1985.— 189 с.
5. *Зубаков В.А.* Глобальные климатические события плейстоцена.— Ленинград: Гидрометеиздат, 1986.— 288 с.
6. *Иванов Г.И., Шмуратко В.И.* Об особенностях колебаний уровня Черного моря в после ледниковое время // *Водные ресурсы*, 1982.— №3.— С.139-146.
7. *Клиге Р. К., Селиванов А. О., Воронов А. М.* Изменения водного режима территории СССР за последние тысячелетия // *Водные ресурсы*, 1989.— №5.— С. 28—40.
8. *Кони́ков Е.Г.* Гидрохимическая эволюция Азово- Черноморского бассейна в позднем плейстоцене и голоцене//*Океанология*, 1993.— Том 33.- №2.— С. 217—223.
9. *Кони́ков Є.Г.* Екзогеодинамічна модель умов осадконакопичення і формування берегових систем північно-західної частини Чорного моря протягом останніх 18000 років // *Вісник Одеського національного університету*, 2004.— Т. 9.— Вип. 4.— С. 161-179
10. *Кони́ков Е.Г.* Колебания уровня Азово-Черноморского бассейна и миграция береговой линии в новозвксине и голоцена // *геология и полезные ископаемые Мирового океана*, 2005.— № 2.- С. 68-76.
11. *Ленгерсгаузен Г.Ф.* О периодичности геологических явлений и изменений климатов прошлых геологических эпох // *Проблемы планетарной геологии.*- Москва: ГОНТИ, 1963.— С. 7-49.
12. *Невесский Е.Н.* Процессы образования осадков в прибрежной зоне.— Москва: Наука, 1967.— 254 с. история и седиментогенез
13. *Позднечетвертичная окраинных и внутренних морей* /Под редакцией Д.Е. Гершановича.- Москва: Наука, 1979.- 212 с.
14. *Федоров П.В.* Послеледниковая трансгрессия Черного моря и проблема изменений уровня океана за последние 15000 лет / В книге: “Колебания уровня морей и океанов за последние 15000 лет”.— Москва: Наука, 1982.— С. 151-155.
15. *Хлыстов А.И., Долгачев В.П., Доможилова П.М.* Баричесентрические движения Солнца и солнечно земные связи // *Биофизика*, 1992.— Т.37.— Вып. 3.— С. 547 —553.
16. *Шнитников А.В.* Внутригодовая изменчивость общей увлажненности континентов. Ленинград: Недра, 1969.— 246 с.
17. *Шмуратко В.И.* О методике построения карты скорости вертикальных тектонических движений земной коры в пределах северо-западного шельфа Черного моря. *Геологический журнал*, 1982 — Т. 42, № 5.— С. 27 —35.
18. *Шмуратко В.И.* Гравитационно-резонансный экзотектогенез.— Одесса: Астропринт, 2001.— 330 с.
19. *Balabanov I.P.* Holocene sea-level changes in the Northern Black Sea /In Extended Abstracts: 2 Plenary Meeting and Field Trip of Project IGCP-521 Black Sea — Mediterranean Corridor During the Last 30 ky: Sea level change and Human Adaptation (2005-2009). Chief editor V Yanko-Hombach. Odessa, Ukraine, 2006. PP. 21-23.
20. *Field Trip Guide: 2 Plenary Meeting and Field Trip of Project IGCP-521 Black Sea — Mediterranean Corridor During the Last 30 ky: Sea level change and Human Adaptation (2005-2009).*— V Yanko-Hombach, A.S. Gilbert, I.V.Buynevich (eds). Odessa, Ukraine, 2006. PP. 21-23.
21. *Konikov E.* Coastline migration and periodicity of sedimentation on the northwest shelf of Black Sea in Late-Pleistocene and Holocene /In Extended Abstracts: 1 Plenary Meeting and Field Trip of Project IGCP-521 Black Sea — Mediterranean Corridor During the Last 30 ky: Sea level change and Human Adaptation (2005-2009). Chief editor V Yanko-Hombach. Istanbul, Turkey, 2005. PP. 87-89.
22. *Lihodedova O., E.G. Konikov.* Dnieper River discharge and sea-level dynamics of the north-western Black Sea /In Extended Abstracts: 1 Plenary Meeting and Field Trip

of Project IGCP-521 Black Sea — Mediterranean Corridor During the Last 30 ky: Sea level change and Human Adaptation (2005-2009). Chief editor V.Yanko-Hombach. Istanbul, Turkey, 2005. PP. 110-112.

23. *Mayewsky P.A., L.D.Meeker, M.S.Twicker, S.I. Whitlow, Yang Q., Lyons W.B., Prentice M.* Major Features and forcing of high-latitude northern hemisphere atmospheric circulation using a 110.000-year-long glaciochemical series // *Journal of Geophysical Research*, 1997, 102, 26345-26366.

24. *Murner N.A.* Eustatic changes during the last 20 000 years and a method of separating the isostatic and eustatic factors in an uplifted area. *Paleogeography, paleoclimatology, Paleoecology*, 1971, 9, 3: 153-181.

25. *Murdmaa I.O., Ivanova E.V., Chepalyga A.L., Cronin T., Lemechenco J.V.* Paleooceanographic events on the Caucasian Black Sea shelf during the last 12 ka /In Extended Abstracts: 1 Plenary Meeting and Field Trip of Project IGCP-521 Black Sea — Mediterranean Corridor During the Last 30 ky: Sea level change and Human Adaptation (2005-2009). Chief editor V Yanko-Hombach. Istanbul, Turkey, 2005, PP. 139-140.

26. *O'Brien S.R., P.A. Mayewsky, L.D.Meeker, D.A. Meese, M.S.Twicker, S.I. Whitlow.* Complexity of Holocene climate as reconstructed from a Greenland ice core // *Science*, 1995, 270, PP. 1962-1964.

27. *Pedan G.S., E.G. Konikov.* Regularities of Holocene evolution and stages of modification of coastal accumulation forms on Dzhargulach Island /In Extended Abstracts: 1 Plenary Meeting and Field Trip of Project IGCP-521 Black Sea — Mediterranean Corridor During the Last 30 ky: Sea level change and Human Adaptation (2005-2009). Chief editor V Yanko-Hombach. Istanbul, Turkey, 2005, pp. 139-140.

28. *Shmuratko V.* Global climate change and Black Sea level during the Holocene / In Extended Abstracts: 2 Plenary Meeting and Field Trip of Project IGCP-521 Black Sea — Mediterranean Corridor During the Last 30 ky: Sea level change and Human Adaptation (2005-2009). Chief editor V Yanko-Hombach. Odessa, Ukraine, 2006, PP. 157-159.

29. *Yanko-Hombach V.* Transformation of Neoeuxinian lake into the Black Sea: Evidence from benthic foraminifera /In Extended Abstracts: 1 Plenary Meeting and Field Trip of Project IGCP-521 Black Sea — Mediterranean Corridor During the Last 30 ky: Sea level change and Human Adaptation (2005-2009). Chief editor V Yanko-Hombach. Odessa, Ukraine, 2006, pp. 171-173.

Для створення моделі осадконагромадження використано дані суцільного зі ступенем 2-2,5 см опробування. Застосовано спектральний аналіз для обробки рядів параметрів складу та властивостей донних відкладів. Встановлено періодичність процесу осадконагромадження різної частоти, яка відбиває коливання рівня моря та мінливість його гідродинамічного режиму. Виділено статистично значущі періоди, що за тривалістю (у роках) становлять: 4090-4040; 2730-2396; 2050-1920; 1640-1540; 1150-962; 700-580; 300-260; 140-110; 80-73, що в цілому відповідає відомій астрофізичній та глобально кліматичній періодичності геологічних процесів. Датовано основні трансгресивно-регресивні фази басейну за голоцену.

For the modeling of sedimentation process information about trenching (with interval 2 — 2,5 cm) is used. For processing the series of composition and properties parameter of the bottom sediments spectral analysis was executed. Determined periodicity (the different frequency) of sedimentation process, what reflects the oscillatory nature of the sea level and variability hydrodynamic regime of the basin. They are chosen statistical significant periods, which intervals (at year) are: 4091-4043; 2730-2380; 2050-1920; 1637-1540; 1150-956; 690-580; 300-260; 136-110; 91-73. These periods correspond to known astrophysical and global climatic periodicity of the geological processes. Transgressive-regressive phases of the basin in Holocene are dated.