

ФАКТОРЫ СОВРЕМЕННОГО ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ЛАНДШАФТНЫХ РАЙОНОВ ПОДВОДНЫХ ВОЗВЫШЕННОСТЕЙ – ДНЕСТРОВСКОЙ, БУДАКСКОЙ, ОДЕССКОЙ БАНКИ И ВПАДИН – ДНЕПРОВСКОГО ЖЕЛОБА, ПАЛЕО-САРАТЫ, ПАЛЕО-ДНЕСТРА (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ШЕЛЬФ ЧЕРНОГО МОРЯ)

Рассмотрен гранулометрический состав современных морских донных отложений в пределах северо-западного шельфа Чёрного моря. Выделены и охарактеризованы факторы седиментогенеза. Приведены результаты расчётов степени влияния факторов современного осадконакопления.

Розглянуто гранулометричний склад сучасних морських відкладів в межах північно-західного шельфу Чорного моря. Відокремлено та охарактеризовано чинники седиментогенезу. Наведено результати розрахунків ступеню впливу чинників сучасного осадконакоплення.

Granulometric composition of modern marine sediments is studied within the north-west Black Sea shelf. Sedimentation factors are selected and characterized. Results of calculation of influence level of modern sedimentation process factors are considered.

Вопрос осадконакопления в морских условиях является весьма актуальным в геологии. Современная направленность на поиски нефтяных и газовых месторождений на шельфе северо-западной части Чёрного моря требует повышение достоверности обоснования поисковых критериев и возможных условий их формирования. Этому способствует детальное изучение морских геологических отложений. Донные отложения, формирующиеся в пределах северо-западного шельфа Чёрного моря, образуются в результате физических, химических и биологических процессов под воздействием ряда природных факторов.

Размеры и состав частиц отложений являются результатом совместного действия таких процессов как береговая и донная абразия, вынос терригенного материала реками, хемогенные и гидродинамические процессы, которые развиваются в море, биологическое поглощение и переотложение осадочного материала. Все эти процессы реализуются одновременно на одной и той же территории. Конечным результатом их взаимодействия и взаимовлияния являются донные отложения [1, 2, 3, 4].

Повышение эффективности изучения объектов современного осадконакопления возможно за счёт их детального геологического изучения, с применением современных ГИС-технологий и методик геологического анализа и моделирования.

Цель настоящей работы: определение степени влияния факторов осадконакопления, основываясь на результатах изучения гранулометрического состава современных донных отложений. *Задачи*:

1. Выделить основные факторы осадкообразования в пределах северо-западного шельфа Чёрного моря.
2. Создать репрезентативные выборки данных на основе ландшафтного районирования для статистической обработки геологической информации.

3. Оценить степень влияния основных осадкообразующих факторов.

Научная новизна: впервые удалось получить новые данные о ходе осадочного процесса, начиная от прибрежной зоны (устья реки) до морских донных осадков при изучении их гранулометрического состава для дисперсной системы водоёма. Впервые применён системный подход к исследованию процессов распределения и свойств гранулометрических фракций (псаммитовой – 1,0-0,1 мм), алевроитовой – 0,1-0,01 мм и пелитовой – 0,01-0,001 мм) для шельфа Чёрного моря (наименования и градации гранулометрических фракций осадков по Л.Б. Рухину).

Повышение эффективности изучения процессов седиментогенеза возможно благодаря применению методик генетического анализа и статистических методов исследования. Соотношение гранулометрических фракций в осадках или “гранулометрический профиль” содержит генетическую информацию [2]. На основе генетического подхода изучения гранулометрического состава донных отложений с применением статистических методов исследования авторами рассматривается возможность характеристики степени влияния факторов осадконакопления.

В пределах северо-западного шельфа Чёрного моря выделяются четыре основных фактора осадконакопления:

биогенный – реализуется максимально интенсивно в интервале глубин 5-20 м и представлен раковинным материалом в донных отложениях на обширных площадях;

терригенный – результатом действия фактора является формирование песков (представленных веществом, созданным в результате разрушения берегов, а также твёрдым материалом выноса рек) на крупных полях как следствие размыва аллювиальных отложений, а также поля илов в приглубых районах относительно близких к берегу – как результат береговой абразии лессовых пород и выноса тонкодисперсного материала реками;

хемогенный – реализация на шельфе этого фактора осадконакопления проявляется наиболее ярко в местах впадения рек в море, а также в областях активного формирования аутигенных минералов, слагающих основную часть пелитовой фракции в глубоководной части шельфа;

гидродинамический – оказывающий наибольшее воздействие до глубин 30 м. Результатом воздействия этого фактора является перераспределение терригенного материала, которое происходит за счёт собственной деятельности моря – волнений и различных видов течений.

Гранулометрический состав осадка является результатом воздействия перечисленных факторов, причём каждый из источников осадочного материала характеризуется определённым гранулометрическим спектром.

Наиболее распространённым типом голоценовых донных отложений являются ракушники. На возвышенностях осадки представлены раковинными песками, а в депрессиях – илистыми ракушниками и раковинными илами. Широкое распространение раковинного материала по площади шельфа существенно сглаживает истинную картину терригенной седиментации.

Выборка данных гранулометрического состава сформирована на основе ландшафтного районирования О.Е. Фесюнова. Гранулометрический состав донных отложений рассмотрен нами в пределах выделенных ландшафтных районов: подводные возвышенности – Одесская банка, Днестровская и Будацкая возвышенности; впадины – Днепровский желоб, палео-Сарата, палео-Днестр (рис. 1).

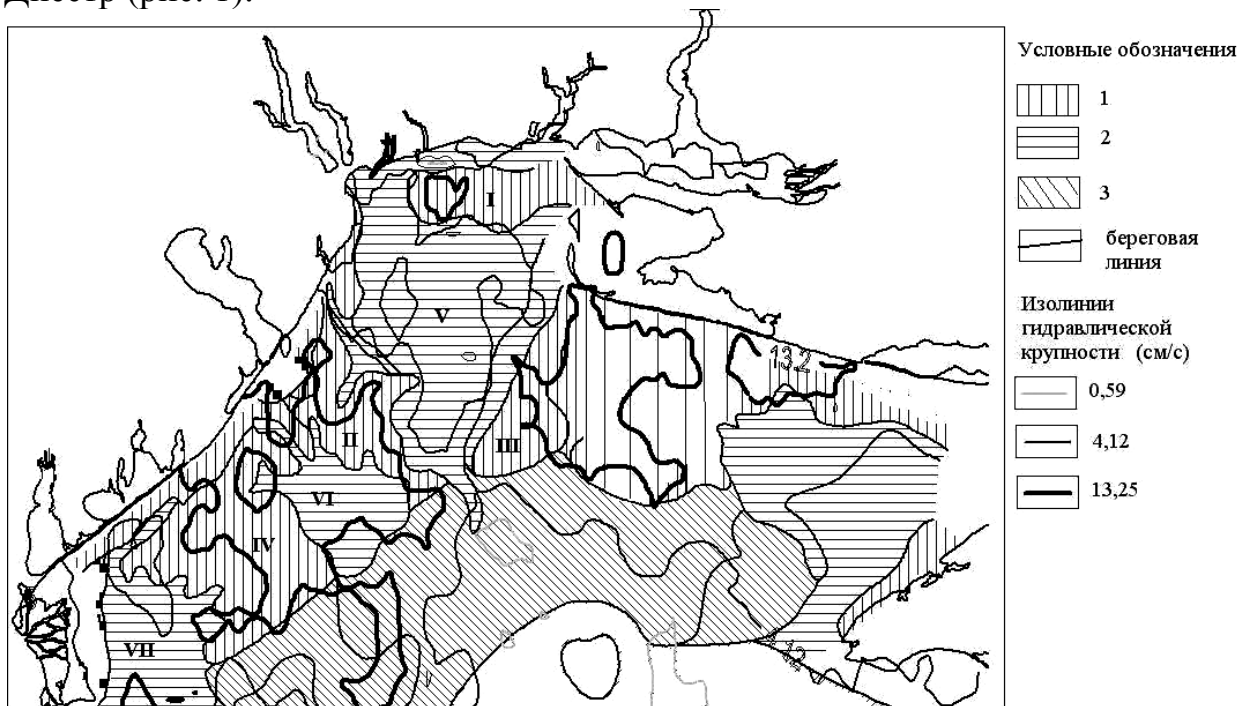


Рис. 1. Схема гидравлической крупности, совмещенная со схемой ландшафтных районов северо-западного шельфа Черного моря: 1 – возвышенности; 2 – впадины; 3 – район илистых ракушников внешнего уступа. I – Одесская банка; II – Днестровская возвышенность; III – Западно-Тендровская возвышенность; IV – Будацкая возвышенность; V – Днепровский желоб; VI – палео-Днестр; VII – палео-Сарата

Проведенный статистический анализ позволил определить влияние основных факторов на формирование отложений. Гистограммы среднего содержания гранулометрических фракций в пределах ландшафтных районов подводных возвышенностей двухвершинные. Максимумы приходятся на псефитовую (20 - 5 мм) и псаммитовую (0,5 - 0,1 мм) размерности. Согласно вещественному составу отложений, полученные гистограммы указывают на ведущую роль в осадкообразовании двух факторов – биогенного и терригенного.

Гистограмма, характеризующая частоту встречаемости песчаной фракции в осадках Одесской банки, также двухвершинная (рис. 2). Первый максимум на гистограмме указывает на то, что чаще встречаются небольшие содержания частиц песчаной размерности (20-40%), которые можно отнести к примесям в ракушниках. Второй максимум содержания песка приходится на 50-60%.

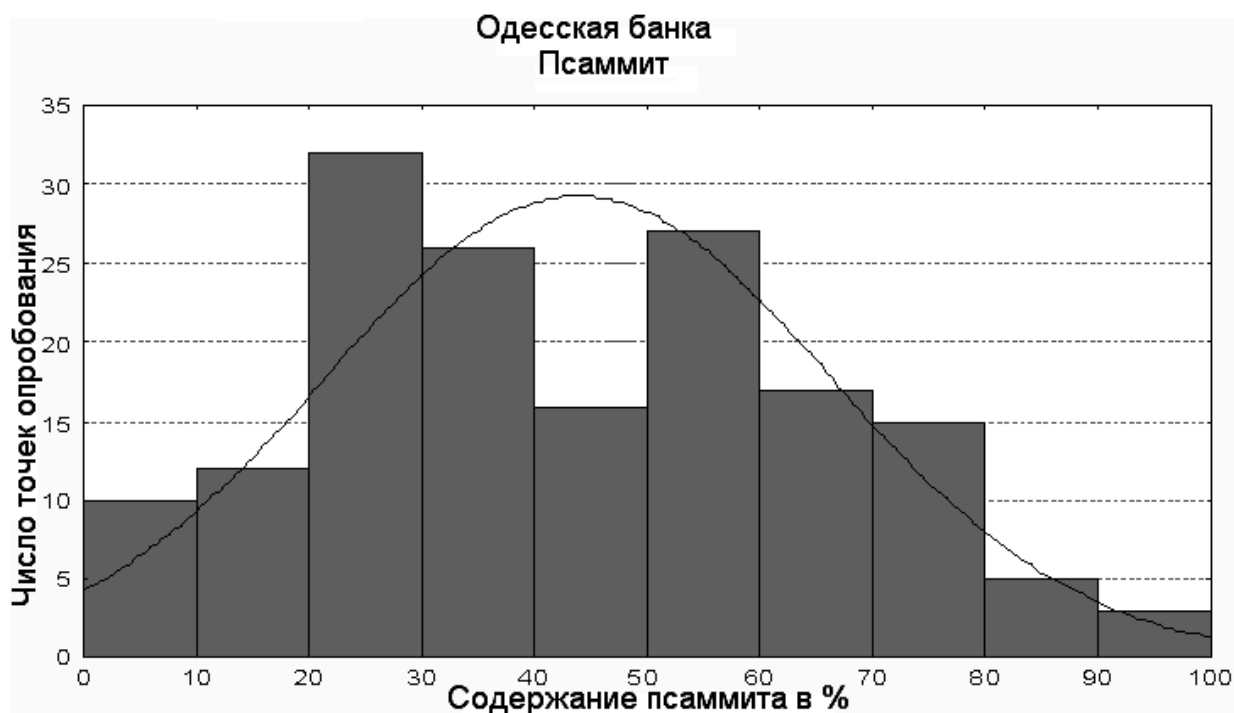


Рис. 2. Гистограмма содержания псаммитовой фракции в отложениях Одесской банки

Гистограмма позволяет сделать вывод о том, что в большинстве точек опробования песчаная фракция содержится в виде примесей (20-40%). Так же широко распространены поля песчаных отложений, с содержанием песка 50-60%.

Гистограммы среднего содержания гранулометрических фракций во впадинах на шельфе показывают, что преобладающими в пределах Днепровского желоба являются алевритовая и пелитовая размерность донных осадков. В пределах ландшафтного района палео-Сараты помимо алевритовых пелитовых частиц, отмечается присутствие псефитовой и песчаной размерностей, что указывает на проявлении нескольких факторов осадкообразования. Тонкозернистые отложения (алевритовые и глинистые илы) образуются здесь благодаря терригенному стоку р. Дунай. Осадки, связанные с речным выносом в этом районе залегают на глубинах 18-20 м. Накопление осадков псефитовой размерности связано с биогенной составляющей. Присутствие песчаной фракции, по видимому, объясняется влиянием гидродинамических факторов седиментогенеза. Под воздействием течений здесь выносятся более мелкие частицы и на этом участке остаются мелкозернистые пески. Широкое распространение раковинного материала на этом участке свидетельствует о значительном влиянии биогенного фактора.

Донные отложения в пределах ландшафтного района палео-Днестра, представлены более грубозернистыми осадками, что является не характерным для участков палеодолин. Более грубозернистый состав отложений на этом участке дна, видимо, связан с тем, что источником питания донных отложений здесь являются средне- и крупнозернистые пески аллювиальных образований палео-Днестра.

Используемый статистический метод исследования заключается в расчёте вероятности нахождения определенной фракции осадка на дне водоема. Расчёт вероятности выполнялся для песчаной фракции осадка.

Уравнение для нормального распределения (1) связывает значения x и y , где y представляет собой высоту кривой, соответствующую заданному значению x . Однако данная форма не может быть применена непосредственно для расчёта вероятности, так как частоту (или вероятность), представляет собой только площадь под кривой распределения [5]. Для расчёта вероятности использовалась особая форма нормального распределения, которая получается путём преобразования данных в исходных единицах в стандартные единицы (1).

$$Y = \frac{1}{e\sqrt{(2\pi)}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{X-\mu}{S}\right)^2\right\} \quad (1)$$

где μ – математическое ожидание (среднее значение случайной величины), S – стандартное отклонение.

По этой формуле любое нормальное распределение данных может быть преобразовано в стандартную форму с нулевой средней и единичным стандартным отклонением. С помощью такой формы нормального распределения возможен расчёт относительной частоты или вероятности с которой могут быть достигнуты заданные значения x . Изучение графиков распределения данных содержания гранулометрических фракций показало, что содержание псаммитовой размерности донных отложений в пределах ландшафтных районов Одесской банки, Днестровской и Будаковской возвышенностей аппроксимируется стандартным нормальным распределением.

Аппроксимация представляет собой математический метод, посредством которого возможно изучение количественных характеристик и качественных свойств объекта.

$$Z = \frac{X_i - \bar{X}}{S}, \quad (2)$$

где Z – стандартная единица или Z -значение, X_i – значения переменной, \bar{X} – среднее, S – стандартное отклонение.

Площадь под кривой распределения представляет собой полную частоту. Полная частота составляет в сумме 1 (как и полная вероятность), и площадь ограниченная стандартной нормальной кривой равна 1. Так как площадь под кривой нормального распределения является выражением вероятности обнаружения заданной переменной, изучение распределения данных о содержании фракции в осадке позволяет рассчитать частоту или вероятность, с которой может быть встречено содержание фракции осадка. В зависимости от величины среднего значения и стандартного отклонения выборки будет изменяться Z -значение и, следовательно, площадь под кривой нормального распределения. В данном случае рассчитывалась вероятность обнаружения в осадке песчаной фракции, содержание которой было бы более 50%. Применяемая методика подробно описана в литературе [3].

Вероятность нахождения песчаных осадков (содержание частиц псаммитовой размерности 50% и более) в пределах ландшафтного района Одесской банки составляет 39%, Днестровской возвышенности – 28% и Будацкой возвышенности (содержание частиц псаммитовой размерности 40% и более) – 14%.

Полученные результаты соответствуют реальному соотношению литологических типов современных донных отложений. Наиболее широко в пределах шельфа распространены ракушники, для которых вероятность нахождения на дне в пределах рассматриваемых ландшафтных районов всегда более 50%.

В пределах Днепровского желоба вероятность или частота встречаемости осадков алевритовой и пелитовой размерности (содержание частиц 70% и более) составляет 48%. В пределах Днепровского желоба широко распространены мелкоалевритовые (0,05-0,01 мм) и среднепелитовые (0,005 мм) отложения, что подтверждает полученную величину вероятности. В пределах ландшафтного района палео-Сараты (содержание алевритовых и пелитовых частиц 40% и более) составляет 12%. Меньшая величина вероятности в пределах палео-Сараты по сравнению с Днепровским желобом объясняется широким распространением крупнообломочных осадков (гравийная и песчаная размерности), в пределах палео-Сараты.

Вещественный состав донных отложений содержит информацию об источниках поступления осадков. В пределах шельфа, отложения имеющие размерность зёрен более 1 мм, как правило, представлены биогенным материалом (ракуша, раковинный детрит). Доминирующим фактором осадконакопления на шельфе является биогенный, что подтверждается результатами статистических расчетов.

На основе данных гранулометрического анализа построена карта гидравлической крупности (см. рис. 1).

Гидравлическая крупность несферических частиц (W) рассчитывалась для трёх фракций осадка – псаммитовой, алевритовой и пелитовой по формуле (3), и приведена в табл. 1.

$$W = \sqrt{\frac{4\rho_0gd}{3C_c K_\phi}}, \quad (3)$$

где ρ_0 – относительная плотность, g – ускорение силы тяжести, d – средний размер частиц осадка или минерала, C_c – коэффициент сопротивления частицы осадка, зависящий от характеристик частиц жидкости, K_ϕ – коэффициент формы частиц.

Таблица 1

Гидравлическая крупность фракций осадка и минералов

	W (см/с)
Псаммит	13,25
Алеврит	4,1
Пелит	0,59

Значения плотности для каждой из фракций осадка были указаны в зависимости от преобладающего компонента. Для песчаных осадков это кварц, для алевритовой и пелитовой фракций это плотности преобладающих в данном районе глинистых минералов – гидрослюда и монтмориллонит. В расчётах, коэффициент сопротивления частицы осадка (C_c) принимался равным 0,5 с учётом турбулентного режима осаждения частиц осадка. Относительная плотность p_0 рассчитывается по формуле (4), коэффициент формы частицы (K_ϕ) по формуле (4), средний размер частиц по формуле (5) [5].

$$p_0 = \frac{(p_T - p_b)}{p_b}, \quad (4)$$

где p_T – плотность наносов, зависящая от минералогического состава, p_b – плотность воды.

$$K_\phi = \left(\frac{d^2}{bc} \right)^{4/5}, \quad (5)$$

где d – средний размер частицы, b и c – средний и наименьший линейные размеры частиц.

$$d = \sqrt[3]{abc}, \quad (6)$$

где a , b и c – наибольший, средний и наименьший линейные размеры частиц соответственно.

Так как биогенный материал сглаживает истинную картину распределения донных отложений, расчёты гидравлической крупности выполнялись без учёта псифитовой размерности осадка. К раковинному материалу были отнесены частицы, размер которых больше 1 мм. На карте (см. рис. 1) выделяются участки с разной степенью гидродинамической активности. Места, на которых отмечены значения гидравлической крупности от 4,1 до 0,59, благоприятны для накопления мелкозернистого осадочного материала (понижения в рельефе); там, где значения выше – происходит накопление более крупнозернистого осадка (подводные возвышенности). Обращает на себя внимание район илистых ракушников внешнего уступа. Гидравлическая крупность на этом участке дна соответствует алевритовой и пелитовой размерности частиц осадка. Широкое распространение раковинного детрита, здесь связано с соответствием гидравлической крупности обломков створок моллюсков с гидравлической крупностью алевритовых и пелитовых частиц. Такое соответствие возникает из-за уплощённой формы створок раковин, которые ведут себя в водной среде как мелкозернистые осадки.

Выводы:

1. Биогенный фактор является доминирующим фактором осадконакопления в пределах северо-западного шельфа Чёрного моря. Вероятность нахождения компонентов осадка биогенного происхождения составляет более 50%.

2. Характерной чертой седиментогенеза в пределах северо-западного шельфа Черного моря является сглаживание циркумконтинентальной зональности гранулометрического состава осадков биогенным осадконакоплением.

3. Гидродинамический фактор играет важную роль в распределении осадков по крупности. Расчет гидравлической крупности донных осадков шельфа

позволил построить карту, отражающую гидродинамические обстановки осадконакопления на шельфе.

4. Особенностью ландшафтного района Днепровского желоба, где отмечается широкое распространение частиц алевроитовой и пелитовой размерностей, накопление которых здесь связано с твёрдым стоком р. Днепр, является ведущая роль терригенного фактора.

Список литературы

1. Крамбейн У., Кауфмен М., Мак-Кеммон Р. Модели геологических процессов. – М.: Мир, 1969. – 150 с.
2. Страхов Н.М. Избранные труды. Осадкообразование в современных водоемах. 1993 – 396 с.
3. Колкот Э. Проверка значимости. – М., «Статистика», 1978. – 128 с.
4. Митропольский А.Ю., Ольштынский С.П., Усенко В.П. Некоторые особенности вещественного состава донных осадков восточной и западной частей Черного моря. – Киев, 1975. – Ч. 1. – 69 с.
5. Динамика русловых потоков и литодинамика прибрежной зоны моря. - М.: «Наука», 1994. – 303с.

*Рекомендовано до публікації д. г.-м.н. Доброгогорським М.О.
Надійшла до редакції 08.04.09*