

Состав древних аллювиальных отложений на подводном склоне Черного моря на взморье Днестра

Ю. Д. Шуйский, Г. В. Выхованец, А. Б. Муркалов, Д. О. Панкратенкова

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова, г. Одесса, Украина
Corresponding author. E-mail: physgeo_onu@ukr.net

Paper received 04.05.18; Accepted for publication 12.05.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-172VI20-05>

Аннотация. В статье представлены результаты исследования состава древних аллювиальных отложений на подводном склоне Черного моря на взморье Днестра. На основе анализа геологического строения района исследования, а также отобранных проб на подводном склоне и пляже, изучен состав осадочных горных пород и наносообразующих отложений. Взятые образцы были обработаны в лабораторных условиях для получения гранулометрического и вещественного состава, методом ситового анализа.

Ключевые слова: Черное море, береговая зона, подводный склон, пляж, шторм, наносы.

Введение. В плейстоцене сформировалась аккумулятивная терраса древнего Днестра. В процессе голоценовой трансгрессии она была затоплена водами Черного моря. Сейчас она располагается на глубинах 4-13 м, на подводном склоне в сфере активного влияния морских штормовых волн. Поэтому ее волновой размыв образует значительное количество наносов, которые затем входят в состав пляжей, террас, пересыпей. Вместе с тем, еще никогда не производился литодинамический анализ террасы ПраДнестра. Сейчас анализ показал, что 34% всей массы реликтового осадочного материала приходится на фракцию 1-3 мм, на фракции 0,25-1,0 мм – даже 54%, а на фракции $\leq 0,25$ мм всего 4,74%. В процессе прибрежно-морской дифференциации формируется состав пляжевых наносов, который существенно отличается от реликтового. В итоге в составе ближайшего пляжа содержится 65% фракций крупнее 1 мм ($\Phi_p 1-3$ мм = 24,2%), в сумме 16,14% для фракций 1,0-0,25 мм, затем 15,0% для фракции 0,25-0,1 мм и остаток 3,76% выпал на фракции $\leq 0,1$ мм. Поэтому пляжевые наносы содержат намного больше крупных фракций, значительно меньше песчаных фракций и почти в 4 раза больше пелитовых фракций. В южном направлении вдоль берега резко уменьшается содержание $CaCO_3$. По составу наносов отложения террасы ПраДнестра более разнообразны, чем современные пляжи.



Рис. 1. Местоположение отбора образцов плейстоценовых речных отложений с древней террасы реки Днестр, которая сейчас затоплена водами Черного моря и находится на глубинах 5-8 м (максимум 13 м) между мысом Санжейским и северо-восточной частью пересыпи Днестровского лимана (показано черным кружком).

Весьма актуальным в береговедении является вопрос о качестве источников питания прибрежно-морских наносов в разных частях береговой зоны на протяжении длительного времени. Это касается в равной мере и акватории Черного моря. Здесь, на северном побережье (рис. 1), на участке зарождения вдольбереговой поток наносов питается в основном источниками со дна, с абразионного подводного склона. Это важно также и по причине интенсивной динамичности всей береговой

зоны любого моря. В коренном залегании находится толща древней террасы Днестра в виде реликтовой формы рельефа на глубинах между 4 м и 13 м.

Анализ работ предшественников. Раньше всего участок исследованных берегов подвергался картографированию для размещения портов, гаваней, крепостей, дорог и проч. По данным картографических работ Е. П. Манганари был составлен Атлас берегов и первая Лоция Черного моря (1844 г.), где важное значение придавалось составу донных седиментов. После исследований оползневых береговых склонов и буровых работ на побережье стало известно его геологическое строение [1]. На прибрежном дне Черного моря (рис. 1) были обнаружены аллювиальные толщи отложений поствюрмского Днестра (стадия *Würm-II*) и реликтовые эрозионно-денудационные слои. Трансгрессивный рост уровня в раннем голоцене постепенно сокращал базис эрозии весьма полноводного Днестра, что послужило одной из причин образования аккумулятивной террасы Днестра в его низовьях. Сейчас эти отложения залегают на подводном склоне, размываются штормовыми волнами, вовлечены в волновую переработку и служат важным источником прибрежно-морских пляжевых наносов [2]. Оказалось, что ранее гранулометрический анализ террасовых отложений не производился.

Высокая степень динамичности береговой зоны в условиях современных изменений климата позволяет определить изменения продуктивности аллювиальной террасы как источника наносов. Для этого были привлечены данные о составе наносов на прилегающих береговых пляжах. Поэтому оказалось возможным оценить степень волновой дифференциации исходного осадочного материала, превращения их в наносы «волнового поля», на примере размыва древних аллювиальных отложений.

Целью данной статьи является выявление механического состава древних речных отложений и их сравнение с механическим составом современных пляжевых наносов прилегающего берегового района для дальнейшего совершенствования литологического метода исследования береговой зоны моря.

Материалы и методы исследования. Расположение осадочной толщи реликтовой террасы Днестра приведено на геологическом разрезе рис. 2.6. Она сильно насыщена гравийно-галечными фракциями, содержание которых достигает 60%, а вместе с песками разной крупности являются эффективным источником пляжеобразующих наносов. Выше и ниже по разрезу

встречаем в основном глинистые породы: красно-бурые глины, лессы, лессовидные и аллювиальные суглинки. В их составе абсолютно доминируют (до 90-95%) пелитовые частицы ($<0,1$ мм), однако, для формирования пляжей и более крупных аккумулятивных береговых форм они особого значения не имеют, поскольку область действия волнового прибойя является природной средой удаления, выноса мелкозема (взвеси) в открытое море. Поэтому на исследованном геологическом разрезе наиболее эффективными (как источник наносов) оказались именно реликтовые аллювиальные отложения, насыщенные пляжеобразующими фракциями.

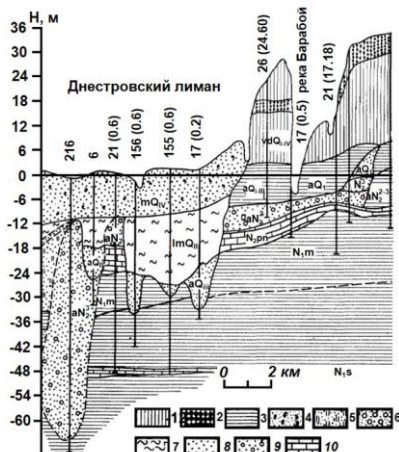


Рис. 2. Геологическое строение побережья Черного моря между северо-западной частью Днестровской пересыпи и мысом Санжейским (из книги [5]). Горные породы: 1 – лессовидные суглинки; 2 – лесс палевый, столбчатый; 3 – глины красно-бурые плотные, с включением карбонатных стяжений и линз песка кварцевого; 4 – пески разнозернистые, плотные, ракушечные; 5 – пески среднезернистые прибрежно-морского происхождения, хорошо отсортированные, с прослоями илов, с включением окатанного гравия; 6 – пески крупнозернистые, плохо отсортированные, с включением обломков кварца и карбонатных пород; 7 – илы лиманные плотные; 8 – пески среднезернистые кварцевые, хорошо отсортированные; 9 – пески разнозернистые заиленные, плохо отсортированные; 10 – ракушечный известняк, с кристаллизованными прослоями.

В основу данной статьи положены результаты отбора проб наносов береговой зоны на пляжах и в верхней части подводного склона. Вдоль морского берега на современном пляже было взято 15 обобщающих проб, охватывающих все количество наносов на поперечном профиле, на участке от мыса Бугово до северной части пересыпи Днестровского лимана. Они были подвергнуты ситовому анализу в лаборатории кафедры физической географии. Данные ситового анализа обработаны статистическими методами и интерпретированы общетеоретическими методами. В составе каждого образца выделялись содержания $CaCO_3$ и т.н. «карпатской гальки», сумм песчано-гравийно-галечных фракций окатанных обломков серного колчедана, кварца, песчаника и агата с небольшой примесью мелких обломков известняка-ракушечника.

В марте 2018 г. на поверхности широкого бенча (до 1300 м), с обнаженной поверхности террасовых отложений древнего Днестра на дне моря ударной трубкой было взято 3 пробы песчано-гравийных аллювиальных толщ, с включениями гравия и гальки. Сразу была выполнена лабораторная обработка взятых образцов для получения гранулометрического и веществ-

венного состава, методом ситового анализа. Каждая проба была просеяна на десятичном наборе сит. Отдельные зерна осадка были рассмотрены в бинокляре (X 17) с целью определения окатанности и формы частиц. Данные о фракционном составе на пляже и на подводном склоне были сравнены для численной оценки процесса дифференциации наносов в береговой зоне.

В процессе данного исследования применялась стандартная методика промера глубин, отбора образцов наносов, их камеральной обработки и сравнения полученных результатов [4, 6]. Эксперимент выполнялся в натуральных условиях береговой зоны.

Результаты и их обсуждение. Оказалось, что в составе террасовых отложений древнего Днестра в раннем голоцене отлагались прежде всего пески. Абсолютно доминируют терригенные фракции. Основу составляют среднезернистые (от 29,61% до 34,80%) и крупнозернистые (от 19,92% до 22,64%) пески. В сумме пески содержатся в количестве 53,42% от всей массы осадка, – больше половины. Много гравия и более крупных фракций – в среднем 41,84% (от 39,74% до 45,6%), что тоже достаточно много. Слабо прослеживается две вершины на кривой распределения, что указывает на усложнение процесса сортировки в речном русле Пра-Днестра. В то же время неожиданно мало осадка оказалось в группе пелитовых фракций. Так, масса пелита была равной от 0,57% до 4,88%, причем, в составе отдельной малой фракции $\leq 0,05$ мм – в среднем всего 0,59%. Как и сегодня, такое распределение зерен в аллювии может свидетельствовать о повышенных скоростях русловых течений на участке современного морского берега. Наибольшим средним содержанием характеризуется гравийная фракция 1-3 мм (33,48%). На возможные высокие скорости речного течения и расхода наносов указывают пониженные содержания фракций менее 0,25 мм, в среднем всего 4,74%. В целом по всем образцам и фракциям наблюдаем крайне пестрый гранулометрический фракционный состав, с доминированием отдельной фракции 1-3 мм. Такое состояние должно было обеспечить интенсивную литогенную дифференциацию исходного материала террасы в энергетическом волновом поле, в прибрежно-морских фациальных условиях. Обращаем внимание на необычайно низкие концентрации фракций $\leq 0,25$ мм. Такое низкое значение понятно для фракций $\leq 0,1$ мм. Но вот для мелкозернистых песков в составе речной аккумулятивной террасы данная картина необычна.

Осадки с размываемого подводного склона частично движутся к берегу (крупные фракции $\geq 0,1$ мм) под влиянием прямых волновых скоростей, а частично – в сторону открытого моря (мелкие фракции $\leq 0,1$ мм) под влиянием обратных волновых скоростей и компенсационных течений [2, 3]. Неоднородная осадочная масса начинает дифференцироваться на две основные группы – на более крупную и менее крупную, согласно общей закономерности. Ее экспериментально описывали Р.Д. Косьян и Н.В. Пыхов [3] в виде графической модели (рис. 3). На разном расстоянии от берега и на разных глубинах (рис. 3 А) они измеряли вертикальное распределение взвешенных наносов (рис. 3 Б). От поверхности до дна концентрация наносов G $г/м^3$ растет, с максимумом в 10 см от дна, притом, что наибольшее количество взвеси движется в сторону моря в придонном слое 0-2 м. Одновременно, абсолютные

значения концентрации по всей вертикали в общем уменьшаются.

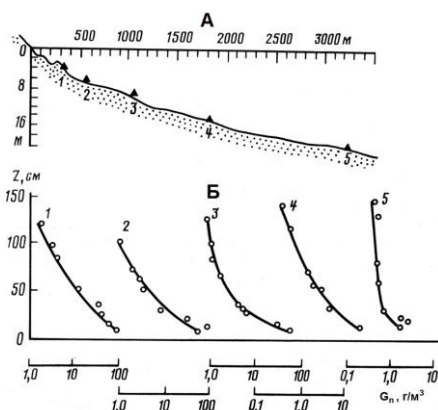


Рис. 3. Пример вертикального распределения концентрации взвешенных наносов G_n $г/м^3$ на песчаном подводном склоне Анапской пересыпи (Черное море) во время шторма с высотой волны $h = 1,8$ м и периодом $\tau = 6,8$ м/сек. Z , см – высота над поверхностью морского дна; 1-5 – точки измерений; А – поперечный профиль с точками измерений; Б – семейство эпюр с данными измерений на разной высоте над дном (по данным натурального эксперимента Р. Д. Косьяна и Н. В. Пыхова [3]).

Такой наносообмен «вытаскивает» с меньших глубин на большие определенное количество наносов. Чем сильнее шторм, тем больше наносов удаляется в открытое море. Так, если на глубине 3 м в 0,5 м от дна $G = 7-19$ $г/м^3$, то на глубине 10 м уже 5-6 $г/м^3$, на глубине 16 м величина G в общем равна 2-4 $г/м^3$, а на глубине 21 м – всего 0,8-0,9 $г/м^3$. Получается, довольно сильное уменьшение, что авторами [3] расценивается как удаление от берега и отложение взвешенных частиц на глубинах $\geq 10-15$ м. Вот почему, несмотря на сильный размыв глинистых пород в клифах и на подводном склоне, пляжи содержат в себе более отсортированный крупнозернистый материал из аллювиальной террасы Пра-Днестра. Именно потому, что частицы $\leq 0,1$ мм движутся волновыми и компенсационными течениями, а

частицы $\geq 0,1$ мм положительными волновыми импульсами от «нейтральной зоны Корналя» в сторону открытого моря, пляжи не могут быть заиленными, а будучи выносятся в открытое море. Поскольку осадочная толща террасы Пра-Днестра поставляет минимум пелитовых фракций ($\approx 1,5\%$), то можно с уверенностью установить, что днестровская терраса поставляет в основном пляжевые наносы, а глинистые породы – тонкий материал для дна открытого моря.

Выводы. Таким образом, анализ террасовых реликтовых отложений Днестра показал:

- террасовые терригенные отложения являются главным источником пляжевых наносов на участке зарождения Северо-западного потока наносов;
- в составе террасовых отложений содержится максимальное содержание фракции 1-3 мм (в среднем 33,5%) и повышенным является количество крупных фракций (в среднем 42%);
- наибольшая масса осадка представлена средне- и крупнозернистыми песками 0,25-1,0 мм (в среднем 53%);
- в составе прилегающего соседнего с террасой пляжа является повышенным (по сравнению с отложениями террасы древнего Днестра) содержание крупнозернистых фракций $\geq 1,0$ мм (в среднем 65,1%), пониженным – суммарное содержание крупно- и среднезернистого песка (в среднем 16,14%); одновременно повышено количество мелкозернистого песка (15%) и понижено количество мелкозернистого песка 0,1-0,25 мм (3,76%);
- впервые установлено, что литологический метод исследования может быть эффективным, дающим позитивный результат при оценках влияния подводного склона на зарождение и прогрессивное развития пляжей и более крупных аккумулятивных форм рельефа;
- чем меньше размеры питающих линз и прослоев осадочных пород как источников наносов в береговой зоне моря, тем меньше их влияние на состав наносов смежных пляжей.

ЛИТЕРАТУРА

- Аксентьев Г. Н. Труды Одесского государственного университета имени И. И. Мечникова / Г. Н. Аксентьев. – 1960. – Том 150. – Вып. 7. – С. 150 – 160.
- Зенкович В. П. Морфология и динамика советских берегов Черного моря: Том II / В. П. Зенкович. – Москва: Изд-во АН СССР, 1960. – 216 с.
- Косьян Р. Д. Гидрогенные перемещения осадков в береговой зоне моря / Р. Д. Косьян, Н. В. Пыхов Н. – Москва: Наука, 1991. – 280 с.
- Муркалов О. Б. Розвиток притулевих пляжів на абразійних берегах в північно-західній частині Чорного моря / О. Б. Муркалов // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. – 2003. – Т. 8. – Вип. 5. – С. 60 – 66.
- Шуйский Ю. Д. Экзогенные процессы развития аккумулятивных берегов в северо-западной части Черного моря / Ю. Д. Шуйский, Г. В. Выхованец. – Москва: Недра, 1989. – 198 с.
- Шуйский Ю. Д., Выхованец Г. В., Муркалов А. Б., Гыжко А. В. Практикум по береговедению: 2-е изд. переработан и дополнен / Ю. Д. Шуйский, Г. В. Выхованец, А. Б. Муркалов, Л. В. Гыжко. – Одесса: Бахва, 2015. – 104 с.

REFERENCES

- Aksentiev G. N. Works of the Odessa state University named after I. I. Mechnikov, 1960. T. 150, Vol. 7. P. 150-160.
- Zenkovich V. P. Morphology and dynamics of Soviet Black sea coast: Volume II. Moscow: publishing house of the USSR Academy of Sciences, 1960. 216 p.
- Kosyan R. D., Pykhov N. V. Hydrogenic sediment movements in the coastal zone of the sea. Moscow: Nauka, 1991. 280 p.
- Murkalov O. B. The development of beaches on abrasion coasts in the North-Western Black Sea // Bulletin of the Odessa national University. Geographical and geological science, 2003. T. 8., Vol. 5. P. 60-66.
- Shuisky, Y. D., Vykhoanets, G. V. Exogenous development processes of accumulative coast in the northwestern part of the Black sea. Moscow: Nedra, 1989. 198 p.
- Shuisky, Y. D., Vykhoanets, G. V., Murkalov, A. B., Gyjko, L. V. Workshop on coasts: 2nd edition revised and expanded, Odessa: Bakhva, 2015. 104 p.

Composition of ancient alluvial depositions within the Black Sea submarine slope nearest of Dnestr mouth

Y. D. Shuisky, G. V. Vykhoanets, A. B. Murkalov, D. O. Pankratenkova

Abstract. The article presents the results of a study of the composition of the ancient alluvial sediments on the underwater slope of the Black sea on the coast of the Dniester. Based on the analysis of the geological structure of the study area and selected samples on the underwater slope of the beach and examined the composition of sedimentary rocks and sediments. The samples were processed in the laboratory to obtain the granulometric and material composition, method of sieve analysis.

Keywords: Black Sea, coastal zone, submarine slope, beach, storm, sediments, content.