

9. *Mazor E.* Field geology – Makhtesh Ramon Rehovot: Weizmann Inst. Sci., 1978. 253 p.
10. *Ben-David R., Mazor E.* Stages of the evolution of Makhtesh Ramon and its drainage system. *Isr. J. Sci.*, Vol. 37. 1988. P. 125–135.
11. *Zilberman E.* Remnants of Miocene landscape in the Central and Northern Negev and their paleogeographical implication *Geol. Survey of Israel, Bull.* 83, 1992. 54 p.
12. *Патык-Кара Н.Г., Плахт И.* Четвертичная история депрессии в Центральном Негеве (Израиль) и ее связь с развитием рифта Арава – Красное море // Тез. докл. Всероссийск. совещ. по изучению четвертичного периода. М.: 1994. С. 185.
13. *Власов В.К., Куликов О.А.* Радиотермолюминесцентный метод датирования рыхлых отложений. М.: Изд-во МГУ, 1988. 72 с.

ИГЕМ РАН, ВИМС, ЦНИГРИ,  
Ramon Science Center, Israel  
Московский государственный университет  
Географический факультет

Поступила в редакцию  
13.06.95

УДК 551.435.36(261.24)

© 1997 г. Г.Д. СОЛОВЬЕВА, Е.Н. БАДЮКОВА

## ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИСЛИНСКОЙ КОСЫ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

В статье приведена детальная геоморфологическая характеристика крупной аккумулятивной формы ЮВ Балтики – Вислинской косы. Описаны основные элементы ее рельефа, прослеживаются их взаимосвязь с целью установления их генезиса и относительного возраста. Выявлена зональность распространения золово–морских форм рельефа: авандюн, дюнных массивов, лагунообразных понижений между ними и т.д. Большое внимание уделяется морфологии и развитию авандюны и сочетанию ее участков с участками размыва древних песчаных массивов, определяющему устойчивость абразионно-аккумулятивной системы косы. Рассматривается история развития этой аккумулятивной формы в последние столетия.

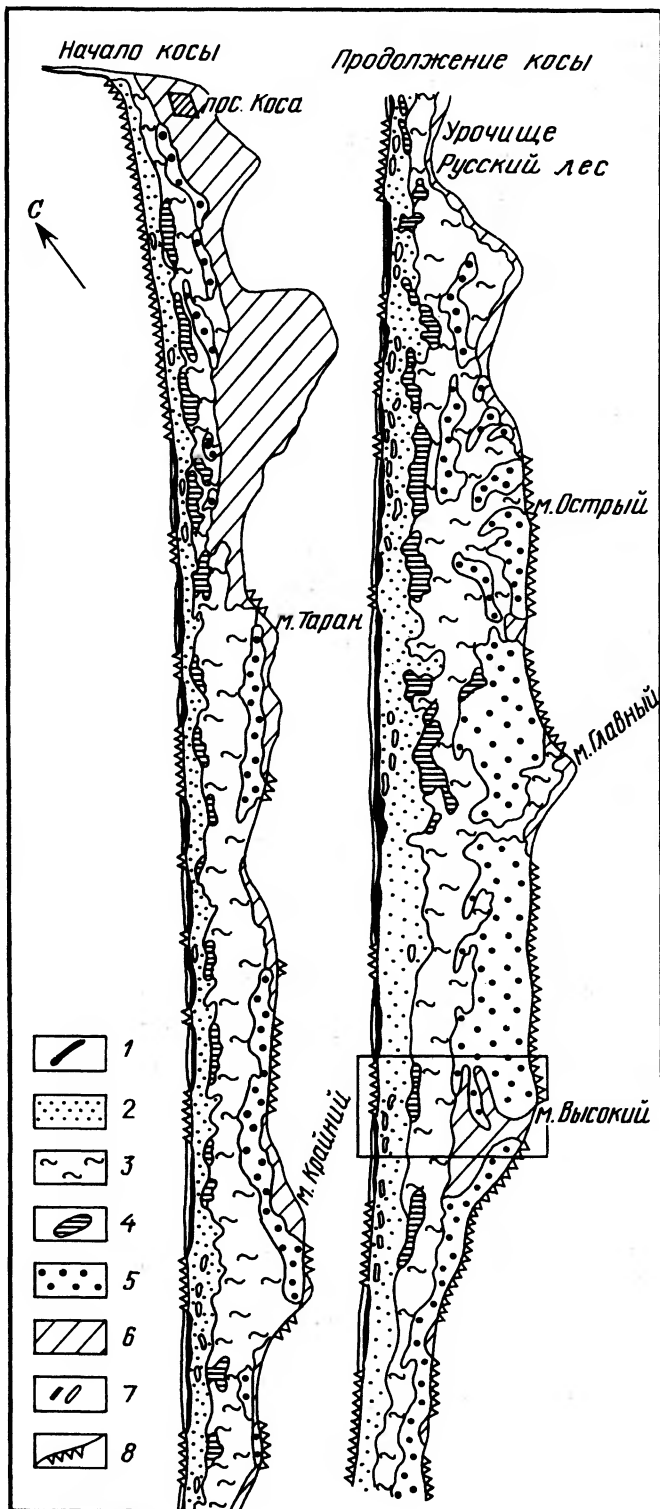
В пределах российского побережья Балтийского моря расположены две крупнейшие аккумулятивные формы – Куршская и Вислинская косы, в строении и морфологии которых отражена голоценовая история этого региона. Если первая из них изучена достаточно разносторонне, то геоморфологическое строение и динамика Вислинской косы изучены пока менее полно. Настоящая статья дает возможность частично восполнить этот пробел.

Строение Вислинской косы в пределах России (35 км из 65 км общей протяженности косы), как и многих подобных линейно вытянутых аккумулятивных форм [1], характеризуется продольно-зональным расположением ее основных геоморфологических элементов (рис. 1). Вдоль уреза практически на всем протяжении описываемого участка на пляже, как правило полного профиля, наблюдаются два береговых вала, относительная высота которых не превышает 1 м. Средняя ширина пляжа составляет 20–25 м, сложен он преимущественно кварцевыми песками с примесью акцессорных минералов. Галька присутствует в отложениях пляжа Вислинской косы в весьма ограниченных количествах, концентрируясь в средней его части в продольные полосы, маркирующие границы волнового воздействия при разном его режиме.

Внешний край пляжа осложнен как относительно мелкими (до 20 м) песчаными

*Рис. 1.* Геоморфологическая карта Вислинской косы

1 – авандюна, 2 – приморский дюнный вал, 3 – выровненная аккумулятивно-дефляционная поверхность – "пальце", 4 – лагунные понижения, 5 – древние дюнные равнины, 6 – низкая террасовая поверхность при заливной части косы, 7 – дефляционные котловины, 8 – уступы размыва



фестонами, так и более крупными плавными изгибами береговой линии в виде открытых пологих бухт и разделяющих их песчаных выступов, расстояние между которыми составляет примерно 150 м. Такой волнистый контур берега объясняется конфигурацией первого подводного вала, который весьма динамичен и мигрирует во время штормов. Как показали исследования [1–3 и др.], в момент затухания последних при волнениях средней силы увеличивается его извилистость. При этом напротив выступов прибрежного склона вала на берегу формируются аналогичные выступы – фестоны. И те и другие своим возникновением обязаны стоячим и краевым волнам, формирующимся в приуезовой зоне при рефракции.

Строение следующей в сторону суши за береговыми валами зоны характеризуется выровненной, почти горизонтальной, поверхностью, в формировании которой значительное участие принимает ветер, перемещая песок и образуя небольшие зачаточные формы дефляции и эоловой аккумуляции. Эта поверхность полого поднимается к верхней границе пляжа. Механизм образования эоловых накоплений в береговой зоне давно привлекает внимание исследователей [4–7 и др.]. Эоловые элементарные формы возникают при нарушении структуры песко-ветрового потока непроницаемым (уступ клифа) или проницаемым (растительность) препятствием. В верхней периферийной зоне пляжа создаются наиболее благоприятные условия для эоловой аккумуляции вынесенного со средней части пляжа песка, так как именно отсюда происходит осваивание прибрежной суши растительностью, способной переносить временное засоление грунта. Для описываемых берегов первыми поселенцами на пляже являются злаки: колосняк *Elymus agenarius*, и *Nonckenya reploides*. За их кустиками возникают холмики-косы, вытянутые в направлении создавшего их ветра. Сливаясь между собой, они образуют более мощные аккумулятивные образования у подножия берегового уступа и имеют вид песчаных, или эоловых подушек. Размеры их незначительны: ширина составляет примерно 3–4 м, а относительная высота около 1 м. Именно эти эоловые накопления являются зачаточными формами образования авандюны. На Вислинской косе можно выделить по крайней мере две генерации этого элемента рельефа. Авандюна I генерации – это линейно вытянутое параллельно берегу скопление песка шириной не более 10 м при высоте около 3 м, в редких случаях – 4 м над уровнем моря. Авандюна II генерации, как правило, несколько выше (7–5 м), ее ширина составляет обычно 20–25 м, лишь изредка достигает 50 м (рис. 2).

Описанные элементы рельефа – песчаная подушка и две авандюны – это звенья одной цепи современной эоловой аккумуляции, протягивающейся вдоль берега косы. Отражая различные стадии этого процесса, они отличаются друг от друга и своими морфологическими признаками. Для наиболее молодого образования – эоловой подушки характерны изометрические очертания, распластанный профиль и незначительная высота. Низкая авандюна (I генерации) имеет более четкие очертания, хорошо выраженный морской склон и вид аккумулятивной террасы, прислоненной к склону более высокой авандюны или к уступу размыва более древних поверхностей. Однако возможно, что формирование их идет одновременно, различается лишь его механизм. Если эоловая подушка образуется в результате встречи песко-ветровым потоком проницаемого препятствия в виде кустиков злаков и формируется за ним, то прислоненная низкая авандюна возникает перед непроницаемым препятствием в виде берегового уступа той или иной природы.

На большей части Вислинской косы прослеживается более высокая авандюна II генерации, образующая узкую цепь продолговато вытянутых холмов с острым узким гребнем и одинаково крутыми противоположными склонами, обращенными к суше и морю. Она достаточно хорошо выражается в рельефе побережья как по своим морфологическим характеристикам, так и по видовому составу растительности. Ее склоны и вершина, в отличие от двух более низких эоловых формаций, покрыты сомкнутым покровом злаковых культур при полном отсутствии древесных и кустарниковых растений, характерных для следующей, более древней поверхности.

Непосредственно за авандюной расположена зона особенно активного развевания

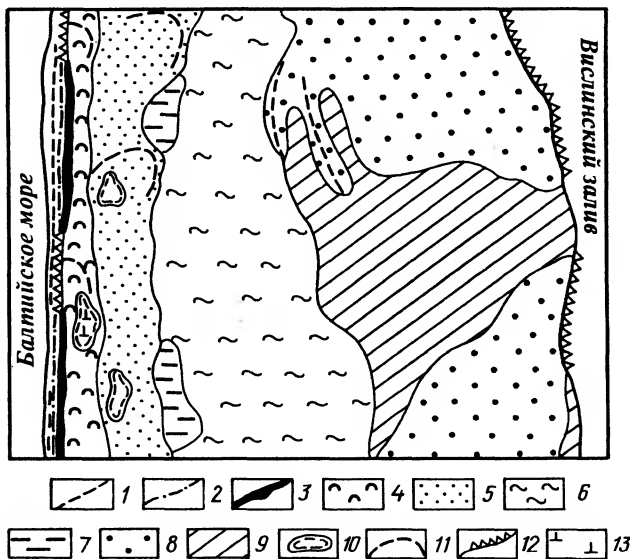


Рис. 2. Фрагмент геоморфологической карты Вислинской косы (р-н м. Высокий)

1 – береговые валы, 2 – авандюна I генерации, 3 – авандюна II генерации, 4 – дюнный вал I генерации, 5 – дюнный вал II генерации, 6 – "пальве", 7 – лагунные понижения, 8 – древние дюнные массивы, 9 – низкая призаливная терраса, 10 – дефляционные котловины, 11 – параболические дюны, 12 – уступы рельефа. 13 – "мертвый" лес

прибрежных песков. Глубина котловин выдувания иногда превышает высоту самой дюны и составляет 6–7 м. Дефляционные склоны круты, почти отвесны, практически лишены растительности, диаметр котловин достигает 40–50 м. Их днища часто плоские, расположены на высоте уровня моря или ниже его. Наиболее глубокие дефляционные котловины расположены на южном расширенном участке косы на траверзе выступающих в Калининградский залив мысов Острый и Высокий. Здесь днища котловин выстланы своеобразной галечной отмосткой, фиксирующей, по-видимому, плановое положение древнего берегового вала. В настоящее время абсолютная высота этих галечных отмосток, по данным нивелирного профилирования, соответствует уровню моря. Возможно, отложение прибрежно-морских галечников происходило на несколько более высоких отметках, характерных для современного штормового вала, т.е. на 1,5 м выше уреза. В таком случае в настоящее время мы видим галечники, спроектированные после дефляции из них более мелких песчаных компонентов. В случае, если галечная отмостка сохранила изначальную высоту, урез в момент ее образования должен был располагаться в районе авандюны при уровне несколько ниже современного.

Присутствие прибрежно-морских галечников за авандюной говорит об унаследованной аккумуляции наносов на этом участке берега в последние фазы его развития, которая подтверждается как наличием трех генераций современных песчаных накопителей, так и значительным расширением пляжа (до 40–45 м). Все это при общем отступании косы в глубь суши обеспечивает незначительное выдвигание берега в сторону моря, который образует здесь плавную пологую дугу и подвержен размыву только при экстремальных волнениях. К северу и югу от этого отрезка в береговом профиле присутствуют либо две, либо одна генерация эоловой аккумуляции из охарактеризованного выше ряда, что свидетельствует, очевидно, о меньшем поступлении наносов на пляж; местами исчезает весь комплекс современных эоловых форм и абразионный уступ выработан в береговом склоне более древнего дюнного вала. Такие участки наблюдаются фрагментарно по всей длине косы и наиболее значительны на ее северо-восточной оконечности.

Причины абразии берега здесь связаны, очевидно, не столько с естественными условиями, сколько с искусственно вызванным дефицитом наносов. Мола Балтийского канала и их периодическое удлинение способствовали улавливанию значительной части песчаного материала, перемещающегося вдоль берега в юго-западном направлении. Основной источник его поступления – песчаные вскрышные отложения карьеров Янтарного комбината, сбрасываемые в виде пульпы в береговую зону Самбийского полуострова [8–10]. Накопление песчаных наносов перед северным молотом способствовало развитию здесь широких пляжей и образованию мощной авандюны. В то же время перехват материала далеко выдвинутыми в море молами вызывает дефицит наносов на берегу южнее их. Здесь, напротив поселка Коса, ширина пляжа минимальна для всего описываемого участка берега и составляет всего 5–7 м, а на отрезке, непосредственно примыкающем к разрушенному немецкому форту, пляж и вовсе исчезает, и волны интенсивно абрадируют стены форта.

Литологический характер слагающих пляж наносов также отражает их острый дефицит, выразившийся в погрубении песков и в присутствии в них большого количества глиняных катунот из осадков, которыми, как известно [9], сложена местами поверхность дна перед Вислинской косой на глубинах примерно 12–16 м. Необходимо также отметить, что усиленный размыв авандюны на некоторых участках предопределен также естественным или искусственным нарушением целостности растительного покрова последней. Это приводит к усилению эолового выноса и образованию здесь поперечных дефляционных коридоров, куда с пляжа затягиваются мощные языки песка. В целом на большей части рассматриваемого берега происходит чередование участков берегового склона, сформированного авандюной, и участков, где к тыловой части пляжа примыкает клиф, выработанный в более древней дюнной гряде, так называемой валообразной приморской (рис. 1).

Как правило, приморская валообразная дюна состоит из двух вытянутых валов, разделенных межваловым понижением, представляющим полосу слитых дефляционных котловин. Первый (мористый) вал более узкий, примерно 50–100 м шириной, местами активно развевается, закреплен в основном травяной или кустарниковой (шиповник) растительностью. Следующий вал более широкий (до 200–300 м), частично покрыт сосновым лесом. Наветренные склоны валов более пологие, чем подветренные, крутизна которых часто достигает угла естественного откоса для сухого песка (30–32°), что соответствует классической форме подвижных дюн, образованных ветровым потоком из авандюны. Валы часто не обнаруживают выдержанной по простиранию линии гребня, они распадаются на отдельные параболические дюны. Генеральное отступление береговой линии Вислинской косы часто приводит к размытию отрогов таких дюн, слагающих вал первой генерации. Высота клифов составляет в этом случае в среднем 4–6 м (рис. 2). Поверхность валов осложнена дефляционными котловинами, относительная глубина которых достигает 10–15 м. В ряде случаев происходит "откапывание" ранее засыпанного песками леса; так, мертвые сосны высотой до 6 м занимают сейчас днища некоторых котловин. Параболические дюны вала второй генерации широкими языками продвигаются на расположенные за ним равнины.

Плоские либо волнистые поверхности этих равнин занимают центральную часть косы между приморской полосой песчаных массивов и высокими дюнами, расположенными вдоль берега залива (рис. 1). Формирование таких равнин сложного эолово-морского генезиса приурочено, очевидно, к моментам активной регрессивной перестройки подводного берегового склона, когда к урезу быстро и в большом количестве поставлялся песчаный материал [6]. По-видимому, именно такого рода поверхность отождествляют с аккумулятивно-дефляционными равнинами, так называемыми "пальве". Аналогичная форма рельефа выделяется на косе и в пределах Польши, где она протягивается вдоль берега на значительное расстояние за приморским дюнным валом [11, 12].

На всем описываемом участке Вислинской косы относительно выровненная по-

верхность палеве осложнена неглубокими плоскодонными, как правило, вытянутыми вдоль оси косы низинами. Последние обычно заняты влажными лесами, состоящими в основном из черной ольхи. Глубина низин близка к уровню грунтовых вод, за счет чего они часто заболочены. Наиболее четкое линейно вытянутое лагунообразное понижение расположено непосредственно в тыловой части приморского дюнного вала. К настоящему времени оно в значительной степени сужено за счет надвигающейся на него со стороны моря массы песков, которые местами полностью его перекрыли, расчленив на отдельные вытянутые вдоль косы низины (рис. 1).

В призаливной части косы локализованы наиболее крупные дюнные массивы песков, характеризующиеся относительным разнообразием и сложностью рельефа. Встречаются дюны с очень пологим и длинным наветренным склоном (3–5°) и коротким подветренным (до 30°), а также невысокие куполообразные дюны высотой 8–15 м с более или менее симметричными склонами. Достаточно часто встречаемой разновидностью эолового рельефа на Вислинской косе являются дюны с крутым (20–25°) наветренным склоном и более пологим (10–15°) подветренным [13]. В продольно вытянутом массиве песков формируются одиночные эоловые бугры либо параболические дюны. Именно такая дюна образует мыс Острый. Высота древних дюн колеблется от 7–12 м в северо-восточной части косы до 30 м и более у мыса Высокий у юго-западной границы описываемого участка.

Дюнные массивы, расположенные непосредственно на берегу залива, в значительной степени подмываются его водами, в результате чего выработались довольно крутые уступы размыва высотой до 3–4 м. Иногда они создают идеально выровненную береговую линию залива, срезающую тыловую часть высоких дюн. В ряде случаев, напротив, наблюдается надвигание дюн на залив.

Края дюнных массивов, обращенные к осевой части косы, осложнены небольшими по протяженности и высоте (соответственно 30–50 и 1–3 м) песчаными валами. Очевидно, эти положительные формы рельефа – реликты морских береговых валов, возникших на бывшем морском крае прибрежной суши, каковой являлась в то время эта часть территории. Наиболее хорошо расположение валов видно в районе мыса Высокий, где конфигурация элементов эолово-морского рельефа позволяет предполагать существование южнее мыса пролива, соединявшего море и Вислинский залив. Сейчас его местонахождению соответствует узкий перешеек, занятый террасой высотой около 2 м.

Такой низменной террасовой поверхностью на значительном протяжении обрамлена призаливная сторона косы. Ее формирование приурочено, по всей вероятности, к одной из самых последних стадий лимниевой трансгрессии Балтийского моря [14]. Низкая прибрежная равнина террасы покрыта камышовой растительностью, а также влажными ольховыми лесами. Максимальное развитие описываемая терраса имеет в северной части косы, в районе мысов Тихий и Песчаный, где образует широкий, выступающий в залив полуостров. Расположенные южнее мысы, Таран, Дуга, Крайний и другие представляют собой также низкие поверхности призаливной террасы, ограниченные со стороны косы высокой дюной. По мнению В. Гуделиса [15], такие симметричные выступы суши (так называемые "рагас"), выдвинутые в акваторию залива, образованы при участии ветра и в настоящее время продолжают смещаться в сторону залива. Однако единого взгляда на природу этих образований нет. В.П. Зенковичем разработаны общие положения эволюции берегов удлинённых акваторий [16]. Аккумулятивные формы, свойственные им, наиболее четко выражены в лагунах на внутренней стороне баров в виде слабо выдвинутых треугольных выступов. Аналогичная ситуация, на наш взгляд, прослеживается в тыловой части Вислинской косы. П. Хупфер [17] также рассматривает выступы-мысы здесь как начальные формы песчаных кос (так называемые "гакены"), поверхности которых осложнены береговыми валами.

Анализ геоморфологического строения Вислинской косы позволил наметить основные этапы ее развития. Более детально историю образования косы авторы рассмат-

ривают в другой статье [14], здесь же мы делаем попытку связать различные элементы рельефа этой крупной аккумулятивной формы с колебаниями уровня моря в конце голоцена. Существование низкой морской террасы, протягивающейся вдоль призаливной части косы и вдающейся в глубь косы южнее м. Высокий (рис. 2), указывает на то, что в момент ее образования уровень моря незначительно превышал современный. Последовавшее затем падение уровня привело к образованию призаливной террасы и закрытию залива, а также к формированию сравнительно широкой приморской равнины, осложненной серией береговых валов и сопряженных с ними авантюн, перевеянных иногда в дюнные гряды незначительной мощности. В современном геоморфологическом плане эта равнина соответствует поверхности пальве, которая, по-видимому, была шире.

Последующий анализ историко-архивных материалов показал правильность наших палеогеографических построений, так как оказалось, что еще в XII в. на месте Вислинской косы существовало несколько островов, которые соединились позднее в единую форму. По крайней мере, на картах XV в. коса показана единой аккумулятивной дугой. По данным зарубежных исследователей, XV–XVI вв. – это время "малого ледникового периода", они характеризовались незначительным понижением уровня моря и высокой эоловой активностью на берегах Балтики [7]. Скорее всего именно к этому периоду относится формирование низкой призаливной террасы и поверхности пальве. Морской край косы, вдоль которой формировались авантюна и дюнный вал, располагался в то время мористее. Последующий подъем уровня моря вызвал подтопление прибрежной суши за дюнным валом, приведшее к образованию в современном рельефе лагунообразных заболоченных понижений, вытянутых вдоль косы. В этот же период происходило активное наращивание и надвигание приморского дюнного вала на поверхность пальве и прежде всего на расположенные непосредственно за ним эти лагунные понижения. Свидетельством этого явления может быть описанный выше "мертвый" сосновый лес, откопанный в настоящее время в дефляционных котловинах на первом, более молодом валу приморской дюны, в непосредственной близости от моря. Однако и тогда сосны, вероятно, росли в отдалении от моря, так как для первого дюнного вала, напомним, характерна кустарниковая растительность, в то время как сосны осваивают поверхность второго дюнного вала, расположенного дальше от моря.

Продолжающийся подъем уровня моря приводит к отступанию морского края косы. Высокие активные клифы выработаны в периферических частях параболических дон, обращенных к морю. Между ними на сопряженных относительно низких участках формируется авантюна. Лишь в северной части косы последняя практически отсутствует, абразией полностью уничтожен дюнный вал первой генерации, а уступ размыва выработан во втором, более мощном валу и непрерывно протягивается на значительное расстояние.

К сегодняшнему дню в пределах российской части Вислинской косы практически отсутствуют незакрепленные высокие подвижные дюны, хотя еще сравнительно недавно (конец XIX – начало XX века) они были, так как на топографических картах того времени пески показаны как "живые дюны". В настоящее время воздействие человека на природу косы сосредоточено прежде всего на задержании передвижения песков и на предотвращении их развевания. На пути максимального движения песка в тыловой части пляжа выложены соломенные либо камышовые маты и установлены заборы с целью его задержания, выполняется программа по облесению (в основном саженцами сосны) склонов приморских дюн. Также производится посадка леса и кустарников на высоких дюнах призаливной части косы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зенкович В.П.* Основы учения о развитии морских берегов. М.: Изд-во АН СССР. 1962. 710 с.
2. *Егоров Е.Н.* Наблюдения над пляжевыми фестонами // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. 1953. Т. 7. С. 117–125.

3. *Aagaard T.* Multiple bar morphodynamics and its relation to low-frequency edge waves // *J. coastal research.* 1991. V. 7. № 3. P. 801–813.
4. *Соколов Н.А.* Дюны, их образование, развитие и внутреннее строение. СПб., 1884. 285 с.
5. *Guilcher A.* Morphologie littorale et sousmarine, Paris. 1954. 382 p.
6. *Ульст В.Г.* К вопросу о закономерностях развития эоловой аккумуляции на морском берегу // *Тр. океанограф. комиссии.* 1953. Т. IV. С. 900–1000.
7. *Arens S., Wiersma J., etc.* The Dutch foredunes: Inventory and classification // *J. coastal research.* 1994. V. 10. № 1. P. 189–202.
8. *Бойнагрян В.Р.* Динамика и морфология Самбийского полуострова // *Океанология,* 1966. Вып. VI. Вып. 3. С. 38–46.
9. *Богданов Н.А.* Формирование и динамика морских россыпей у аккумулятивных берегов юго-восточной Балтики: Автореф. дис. ... канд. географ. наук. М.: МГУ, 1987. 24 с.
10. *Болдырев В.Л.* Формирование, развитие и современная динамика Калининградского побережья Балтийского моря // *Изучение основных закономерностей и тенденций перемещения береговой линии Балтийского моря за последние 100 лет.* Таллин.: Изд-во АН Эстонии, 1992. С. 25–33.
11. *Mojski J.E.* Development of the Uistula river delta and evolution of the Baltic sea // *Geol. surv. Finland. Spec. Paper* 6. 1988. P. 39–50.
12. *Tomczak A.* Nowe dane o budowie geologicznej Mierzei Wislanej // *Kwartalnik geologiczny.* 1989. Т. 33. № 2. С. 277–300.
13. *Волкова И.И.* Природные комплексы северной части Вислинской косы // *Геоэкология морских ландшафтов.* Калининград: Калинингр. ун-т, 1992. С. 128–134.
14. *Бадюкова Е.Н., Варуценко А.Н., Соловьева Г.Д.* История развития Вислинской косы в голоцене // *Океанология.* 1996. Т. 36. № 5. С. 769–773.
15. *Гуделис В.К.* Некоторые данные о строении и развитии пересыпи Куршю-Нерия // *Тр. Ин-та океанологии АН СССР.* 1954. Т. 10. С. 56–68.
16. *Зенкович В.П.* Эволюция акваторий лагун // *Изв. Всесоюз. геогр. о-ва.* 1952. Т. 84. № 5. С. 448–457.
17. *Хунфер П.* Балтика – маленькое море, большие проблемы. Л.: Гидрометеиздат. 1982. 135 с.

Московский государственный университет  
Географический факультет

Поступила в редакцию  
07.04.95