

Роль макрофитов в транспорте наносов в береговой зоне Мирового океана

Ю. Д. Шуйский

*Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова, Одесса, Украина
e-mail: physgeo_onu@ukr.net*

В статье излагаются результаты исследования роли макрофитов в поступлении наносов в береговую зону Мирового океана, которую исследователи берегов упустили из виду как важный источник наносов. Таким источником являются красные и бурые водоросли, с помощью которых крупнозернистые обломки поступают с подводного склона на морской берег. Эти растения прикрепляются к твердым поверхностям на подводном склоне моря, к отдельным камням, валунам, скальному бенчу и прочему. Таллом водорослей реагирует на влияние волновых течений, скорость которых может превышать 2 м/с. Исследования показали, что водоросли играют роль своеобразного рычага, с помощью которого обломок горной породы отрывается от подводного склона моря. Прямыми волновыми скоростями обломки перемещаются к берегу и выбрасываются на пляж под влиянием прибойного потока. Поскольку красные и бурые водоросли произрастают на береговом мелководье всех географических зон, во всех океанах, то данный механизм поступления наносов на берег должен быть широко распространен. Но в действительности, как оказалось, этот механизм и физико-географические условия его действия не описаны, а лишь только упоминаются возможности их существования в единичных литературных источниках. В результате наших исследований выяснилось, что в некоторых районах этот источник наносов может поставлять до половины всех пляжевых наносов, как, например, вдоль Фризских, Алеутских, Курильских о-вов, о-вов Сааремаа, Ньюфаундленд, Сахалин, Британия и некоторых других.

Ключевые слова: Мировой океан, береговая зона, макрофиты, бурые водоросли, ризоиды, подводный склон, наносы.

Для цитирования: Шуйский Ю. Д. Роль макрофитов в транспорте наносов в береговой зоне Мирового океана // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2021. № 4. С. 27–38. doi:10.22449/2413-5577-2021-4-27-38

© Шуйский Ю. Д., 2021



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License

The Role of Macrophytes in Sediment Transport in the Coastal Zone of the World Ocean

Yu. D. Shuisky

Odessa I. I. Mechnikov National University, Odessa, Ukraine
e-mail: physgeo_onu@ukr.net

The paper presents the results of research of the role of macrophytes in sediment supply to the coastal zone of the World Ocean, an important source of sediment that has been overlooked by coastal researchers. This source is red and brown algae that bring coarse debris from the submarine slope to the sea coast. These plants attach to hard surfaces on the seabed slope, to separate stones, boulders, rock benches etc. The algal thallus reacts to the influence of wave currents, the speed of which can be over 2 m/s. Studies have shown that algae act as a kind of lever by which rock debris is torn away from the underwater slope. At direct wave speeds, the debris moves to the shore and is thrown onto the beach by the tidal current. Since red and brown algae grow in the coastal shallow waters of all geographical zones in all oceans, this mechanism of sediment supply to the shore must be widespread. But in fact, it appears that this mechanism and physical and geographical conditions under which it operates have not been described but only mentioned in a few literature sources. Our research showed that in some areas this source of sediment can supply up to half of all the beach sediments, e. g. those along the Frisian, Aleutian, Kuril Islands, islands of Saaremaa, Newfoundland, Sakhalin, Britannia and some others.

Keywords: World Ocean, coastal zone, brown algae, rhizoid, underwater slope, sediments.

For citation: Shuisky, Yu.D., 2021. The Role of Macrophytes in Sediment Transport in the Coastal Zone of the World Ocean. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (4), pp. 27–38. doi:10.22449/2413-5577-2021-4-27-38 (in Russian).

Постановка проблемы

Биогенные источники наносов в береговой зоне морей имеют значительное разнообразие. Как правило, они выступают в качестве отдельного элемента баланса прибрежно-морских наносов. В наиболее общем виде состояние и развитие береговой зоны морей и океанов определяется соотношением позитивных и негативных элементов баланса. При этом речь идет о пляжеобразующих наносах, которые формируются в энергетическом поле волновых механических процессов. Именно эти процессы создают основную массу наносов, которые слагают современные пляжи, террасы, косы, бары, береговые дюны и прочие прибрежно-морские формы рельефа. Они имеют преимущественное развитие на побережьях Мирового океана, на всех широтах и во всех физико-географических зонах. Работа имеет важное теоретическое значение.

Вместе с тем в определенных физико-географических условиях количество и состав наносов может регулироваться также и биогенными процессами, а не только механическими волновыми. Они относятся к группе неволновых и наблюдаются на многих береговых участках. В специальной литературе [1, с. 134, 313; 2, с. 197, 211; 3, с. 43] в качестве биогенных рассматриваются ракушечные и коралловые наносы. Они наиболее известны и

описаны достаточно полно авторами разных стран. Среди них, согласно [4, с. 135], важное место занимают фитогенные наносы, в том числе и те, которые вовлекаются в литодинамический оборот макрофитными транспортерами. Они исследованы недостаточно, хотя бывают весьма активными и могут обеспечивать накопление крупнозернистых наносов в составе береговых аккумулятивных террас и толщ отложений прибрежно-морского генезиса. Однако механизмы их перемещения и ареалы распространения исследованы совершенно недостаточно, как показали давние и современные публикации разных авторов [5, с. 134, 313; 6, с. 135, 171; 7, с. 429]. Поэтому пока еще невозможно оценить численно их реальный вклад в формирование биогенных наносов в береговой зоне различных морей и океанов, а также их значимость для формирования отложений прибрежно-морского генезиса, для понимания процессов пляжевого морфо- и литогенеза, оценки биогенных наносов в составе искусственных пляжей, расчетов баланса наносов и многого другого. В основу статьи положены полевые исследования автора на побережьях разных морей в разных странах начиная с 1980-х гг.

Анализ последних исследований и публикаций о биогенных наносах начинается с описаний коралловых островов. Целенаправленно этот вопрос был исследован в морских экспедициях И. Ф. Крузенштерна, О. Е. Коцебу, Ф. Ф. Беллинсгаузена, Д. Д'Юрвиля, Ч. Дарвина в первой половине XIX столетия. Однако практический интерес данный вопрос приобрел к середине XX столетия в работах Д. Джонсона, А. Гильшера, В. П. Зенковича, Ф. П. Шепарда, А. А. Аксенова, В. Н. Космынина, В. А. Мануйлова и др. [2, с. 126, 211]. В работах перечисленных авторов основное место занимают проблемы образования ракушечных и коралловых наносов. В меньшей мере уделяется внимание мангровым, камышево-тростниковым и древесным детритусовым наносам. Известны попытки [2, с. 126, 211; 4, с. 135; 5] обосновать так называемые пляжи, «сложенные древесным материалом», то есть выбросами бревен, веток и водорослей на берега Северного Ледовитого и Тихого океанов, п-ова Лабрадор, Бискайский берег Франции, южный берег Новой Зеландии. Вместе с тем ни один автор не раскрывает механизмы и результаты выброса крупных наносов посредством прикрепленных водорослей. Не освещаются эти явления и в международной береговой энциклопедии, хотя и упоминается их существование как фактора, который заслуживает значительного внимания [3, с. 41; 8, с. 35; 9, с. 857]. Это удивительно потому, что красные и бурые водоросли, прикрепленные к любым обломкам породы, даже к створкам раковин моллюсков, широко распространены вдоль берегов Мирового океана, что известно уже давно [10, с. 183]. Автор наблюдал эти явления на берегах Восточно-Китайского моря, о. Великобритания, Бискайского залива, Курильского архипелага, Кольского и Чукотского п-овов, Шантарских островов, пролива Хуан-де-Фука, района м. Мендосино (штат Калифорния, США) и ряда других регионов.

Нами изучены отдельные участки берегов Черного, Баренцева и Охотского морей, где наносы пополняются, помимо прочего, с помощью морских

водорослей, в основном бурых и красных. Это главным образом крутые скальные берега с активным бенчем, крутым подводным склоном, сильным волновым влиянием, выветрелыми породами в составе бенча береговой зоны моря, в том числе и приливного. Согласно давним работам М. М. Голлербаха и его соавторов [11, с. 274], наиболее густые заросли бурых водорослей располагаются в верхней сублиторали на глубинах 5–15 м. Акад. Л. А. Зенкевич [10, с. 317] подтвердил, что здесь физико-географические условия благоприятствуют распространению водорослей: на это влияет достаточно хорошее освещение (способствует фотосинтезу), более динамичная водная толща (вода насыщается кислородом), более сильный приток питательных веществ, жизненно важных химических элементов и др. Распределение макроформ водорослей на прибрежных мелководьях описывают Л. И. Москалев¹⁾ и В. П. Преображенский²⁾. К сожалению, Э. Ч. Ф. Бёрд [12] почти ничего не говорит о данном биогенном факторе в береговой зоне разных морей и океанов, хотя рассматривает ее достаточно полно. На геоморфологических условиях влияния водорослей заостряет внимание Е. И. Игнатов [13, с. 228], который в качестве фактора выброса наносов на берег называет густые заросли цистозирры на Черном море, а еще более – фукусов на Балтике, ламинарий на Беринговом, Охотском, Японском и других морях. Но при этом ни один из названных авторов не упоминает транспортирующее значение водорослей и тем более ничего не говорит о механизме этого процесса. Одновременно, согласно [1, с. 6, 7], интервал глубин 5–15 м при крутых уклонах подводного склона является средой максимального удельного волнового влияния (энергия волны на единицу площади), к чему добавляется способность водорослей вследствие парусности выбрасывать на берег крупную гальку и даже валуны. Тем более, согласно К. Хорикаве и И. О. Леонтьеву, в интервале глубин 0–5 м во время сильных штормов, как правило, абсолютно доминируют прямые волновые скорости [14, с. 27, 40]. До настоящего времени **основной нерешенной задачей** является исследование механизма поступления крупных наносов на морские берега и установление физико-географических условий транспортирующей роли макрофитов (бурых и красных водорослей). Хотя, повторяем, пожелания к решению этой задачи в публикациях исследователей высказываются уже более 50 лет.

Таким образом, **цель данной работы** состоит в выявлении, анализе и оценках одного из механизмов воздействия макрофитов на подводный склон, приводящего к росту аккумулятивных форм (прежде всего – пляжей и террас волнового генезиса) крупными обломками горных пород в определенных физико-географических условиях. Это явление необычно, потому что принципиально отличается от всех остальных способов поступления наносов и имеет самостоятельное значение в процессах прибрежно-морской седиментации.

¹⁾ Москалев Л. И. Мэтры глубин. М. : ГЕОС, 2005. С. 165.

²⁾ Преображенский В. П. Удивительная океанология. М. : ЭНАС-Книга, 2013. С. 91.

Основные результаты работы

Прежде всего напомним, что на подводном склоне в береговой зоне широко распространены различные макроводоросли [5, с. 18, 246; 13, с. 227; 8, с. 35]. Наибольший интерес для достижения цели данной работы вызывают красные и бурые водоросли, особенно на приливных и ветровых осушках. Часть красных водорослей прикрепляется к поверхности дна к твердому субстрату, полускальным и скальным породам, обычно выветрелым и трещиноватым, к отдельным глыбам и даже створкам раковин моллюсков. Орган крепления – ризоиды, как, например, на рис. 1. Они могут быть и в виде конуса, до 30–35 см в диаметре. В соответствующих условиях талломы отдельных растений или их группы во время шторма создают некоторое препятствие для волновых течений, скорости которых могут достигать 1–2 м/с и более. Водоросли при этом превращаются в рычаг, который создает большое усилие в условиях действия необычайно сильных течений и стремится оторвать растение от субстрата. Следует заметить, что очень густые (100 %) многослойные водоросли существенно гасят волновые усилия, поэтому эффект парусности проявляется сильнее всего при одном донном слое растений и при небольшой плотности растительности около $\leq 70\text{--}80\%$. В этом случае для движения обломка породы в сторону берега создаются минимальные препятствия, но и волновые усилия сохраняются достаточными для отрыва обломка от поверхности дна, как показал эксперимент у берегов мыса Калиакра в июле 1975 г. (во время работы экспедиции под руководством Д. Пърличева). Тем не менее по прошествии многих лет автор статьи убедился, что наибольшее количество обломков пород разных размеров в течение десятилетий наблюдается на участках произрастания наиболее густой водной растительности.



Рис. 1. Характерные бурые водоросли на прибрежных мелководьях в Мировом океане: 1 – макроцистис (*Macrocystis pyrifera*); 2 – нереоцистис Лютке (*Nereocystis luetkeana*); 3 – дурвиллея антарктическая (*Durvillea antarctica*); 4 – таллассиофиллум (*Thalassiosiphonum clathrus*); 5 – агарум (*Agarum cribrosum*) (по Ю. Ф. Астафьеву)

Fig. 1. Typical brown algae at the coastal shallow water in the World Ocean: 1 – *Macrocystis pyrifera*; 2 – *Nereocystis luetkeana*; 3 – *Durvillea antarctica*; 4 – *Thalassiosiphonum clathrus*; 5 – *Agarum cribrosum* (according to Yu. F. Astafiev)

Однако поскольку отрыв ризоидов от каменного бенча требует значительных усилий, то скорее лопнет таллом водоросли. При таких условиях большое значение имеет прочность пород, слагающих подводный склон. Наиболее активно макрофиты влияют на выветрелый субстрат с трещиноватой поверхностью и особенно на отдельные обломки горной породы. Слоевиде водорослей превращается в своеобразный гидравлический «парус», натяжение которого способно оторвать обломок от дна, а мощные штормовые прямые скорости прибоя обычно способны выбросить на берег даже валуны.

Во время штормов с длинными волнами на участках, где в береговой зоне распространены красные или бурые водоросли (например, *Macrocystis pyrifera*; *Nereocystis luetkeana*; *Durvillea antarctica*; *Thalassiophyllum clathrus*; *Agarum cribrosum* и другие), при сохранении остальных благоприятных условий формируется пляж из крупнозернистых наносов, часто неправильной формы и плохо окатанных. При этом большое значение имеет морозное выветривание скальных пород на приливных осушках. Это явление существенно ускоряет дробление пород на обломки на поверхности дна, например на бенчах Курильских, Алеутских, Фарерских, Гебридских островов³⁾.

При изучении приливного берега на юго-западе п-ова Корнуолл (Великобритания), где высота прилива достигает 6 м, во время низкой воды нами были обнаружены обломки и галька прочных древних метаморфических, метаморфизованных, гранитоидных горных пород. Это в основном переотложенный материал ледников вюрмского и рисского периодов, доставленный на юг Великобритании и вошедший в состав гряды Бодмин-Мур. Обломки были транспортированы в пределы пляжа водорослями, прикрепленными к этим обломкам.

Аналогичные процессы распространены вдоль всего южного берега Англии, на берегах пролива Хуан де-Фука, о. Виктория, между Иль-Омор и Литтл-Бэй на юге о. Ньюфаундленд. По нашим наблюдениям чаще всего там встречаются бурые водоросли, способные выбросить на берег обломок скальной породы. Обломки песчаника поступают на берег Лигурийского моря в районе Варацце (Савона), Средиземноморский бассейн.

Несколько иначе пляжи пополняются с помощью водорослей на берегах, сложенных известняками: ракушечными, коралловыми, оолитовыми, меловыми и другими карбонатными породами. Эти породы менее прочны, что усиливает волновое разрушение и обособление отдельных обломков [4, с. 96, 101; 6, с. 135, 171, 263]. К тому же они подвергаются быстрому дроблению, образованию гравия и песка, а также истиранию и растворению. Поэтому водорослевые выбросы на пляж сложены менее крупными обломками, особенно если перед берегом подводный склон является крутым и среднее значение уклона превышает $H/L = 0.07$ до глубины 10 м ($i_{10} \geq 0.07$). В этом случае формируется падающий бурун прибояного потока, ускоряющий дробление и истирание наносов повышенной крупности [14, с. 157, 164]. Именно такое биогенное пополнение наблюдалось автором на п-овах

³⁾ Преображенский В. П. Удивительная океанология. С. 255.

Котантён и Крозён на северо-западном побережье Франции и на побережье Чили, в районе м. Мендосино (США), между м. Ториньяна на севере и бухтой Виго (Испания) на юге, между устьями рек Сейхан и Гёксу (юг Турции), между бухтами Влёра и Саранда (Албания) и др.

Наши натурные наблюдения показали, что рассматриваемое пополнение наносами пляжей и более крупных аккумулятивных форм является наиболее продуктивным в следующих условиях: 1) распространение растительности оптимальной плотности в береговой зоне; 2) на непреливных морях – наличие скального бенча, с трещиноватой и выветрелой поверхностью слоистых осадочных пород; 3) крутой уклон подводного склона и повышенные значения удельной волновой энергии; 4) расположение приливной осушки перед морским берегом на подводном склоне, сложенном малопрочной слоистой скальной породой молодого возраста; 5) суровый волновой режим с частыми крупными волнами. Конечно, в таких условиях в весьма узкой полосе береговой зоны в придонном горизонте развиваются волновые течения со скоростями ≥ 2 м/с.

При любом волнении активизируется волновое влияние на донный макрофитобентос. При синхронном действии всех условий 1–5 на берег выбрасываются наиболее крупные обломки скальных пород. Бывает, что вместе с водорослями на берег выбрасывается мелкий щебень, а бывает, что и крупные валуны. Типичным может считаться галечно-валунный пляж в экстремальных волновых условиях, где значителен вклад наносов, которые выброшены с участием водорослей.

Приведенный здесь механизм пополнения наносами морских берегов может проявляться на всех морях и во всех физико-географических зонах Земли. Нами неоднократно фиксировалось как на берег Западного Крыма (Бакальская коса, пересыпь лагун Караджа, Соленое и Ойбурское, в малые бухты Керченского п-ова и Кавказского побережья) регулярно поступает крупнозернистый каменный материал вместе с прикрепленными водорослями (рис. 2).

Как видим, галечный обломок смещается на берег даже под влиянием небольших прикрепленных растений в условиях относительно отмелого подводного склона. Аналогичные явления на Черном море наблюдались вдоль скального берега Тарханкутского и Гераклеийского полуостровов, возле мысов Дооб, Идокопас, Анапского, юго-западнее м. Пицунда возле Мюссеры, в районе мысов Калиакра и Инеада и проч. В общем виде, при прочих равных условиях, как основных 1–5, так и остальных, обломок горной породы, выброшенный на берег посредством прикрепленной водоросли, тем больше, чем больше ее длина и кустистость. Изменения размеров волн под влиянием скоростей ветра, направлений действия ветра, продолжительности влияния данной синоптической ситуации, экспозиции луча действия волны по отношению к общему контуру береговой линии, морфологических типов подходящих к берегу волн (крутых или относительно пологих), уклонов подводного склона, плотности и видового состава растений, также физико-механических свойств подстилающей горной породы на бенче ведут к соответствующему изменению размеров обломка в каждый



Р и с . 2 . Обломок скальной породы, выброшенный волнами с подводного склона Черного моря на западный берег Бакальской косы, благодаря парусности прикрепленной водоросли *Phyllophora barbata* (фото П. Д. Подгородецкого)

Fig. 2. Fragment of rock material thrown by waves from an underwater slope of the Black Sea to the west coast of the Bakalskaya Spit due to sailing capacity of the attached alga *Phyllophora barbata* (photo by P. D. Podgorodetsky)

период времени. Данная закономерность играет важную практическую роль как источник питания в основном терригенными наносами.

Аналогичные явления встречаются фактически везде там, где на подводном склоне установились условия 1–5. Однако процессы распределения крупных обломков на морском берегу не везде одинаковы. Например, нередко ситуации, когда наносы, в том числе и песчаные, концентрируются на древних опущенных абразионных террасах и образуют обширные песчаные формы берегового рельефа. При этом подводный склон остается скальным, сложенным прочными породами или их обломками, к которым ризоидами крепятся слоевища бурых или красных водорослей. В качестве типичных примеров приведем наблюдаемые автором участки у юго-западного берега Великобритании, южного берега о. Ирландия, берегов ряда островов из архипелагов Гебридского и Оркнейского, п-ова Бретань, Кольского п-ова, западного берега п-ова Камчатка, берега п-ова Олимпия, о. Ванкувер и др.

Например, в заливе Лайм-Бэй (южный берег Великобритании) аккумулятивная песчаная терраса «насажена» на опущенную структурную террасу, сложенную скальными коренными породами. Песок залегает на поверхности этих прочных пород. Из-за твердого стока рек приток песка значителен, пополнение наносами происходит непрерывно, что приводит к устойчивости аккумулятивной формы. Одной из ее особенностей являются включения гравия и гальки – обломков скальных пород с подводного склона, при этом

большая их часть – с остатками прикрепленных водорослей. Как и на галечно-валунных поверхностях, на песчаных участках такие обломки концентрируются вблизи уреза. Но, в отличие от галечно-валунных, на песчаных сглаженных и нередко широких поверхностях кос и террас только что выброшенные с подводного склона обломки с еще неразрушенными веточками водорослей подхватываются сильным ветром. Ветер может отнести их в любую точку песчаной косы или террасы. Поэтому нередко на поверхности подобных аккумулятивных форм отсутствуют четко выраженные штормовые валы.

Такой эоловый разнос крупного каменного материала весьма необычен. Он характерен для побережий, где типичными являются сильные и ураганные ветры и весьма крутые волны относительно коротких периодов. На берегу залива Лайм-Бэй мы наблюдали ситуацию, во время которой над сглаженной песчаной поверхностью действовал сильный ветер скоростью 25–29 м/с с порывами до 35 м/с. Во время продолжительного дождя обломки гальки и небольших валунов были отнесены на тыльную часть широкой аккумулятивной формы, а эоловый перенос песка составлял до 85 г/мин сквозь сечение 1 м². Подобное явление типично для тихоокеанского берега в районах м. Мендосино в США, п-ова Котантен во Франции и м. Ториньяна в Испании. Там разрушаются плотные карбонатные породы с интенсивностью выброса галечно-валунных обломков более 50 кг на 1 м длины в течение одного океанического шторма. К тому же эти обломки подвержены значительной истираемости в волновом прибойном потоке – этот процесс развивается по пути абразивного эффекта массы песка на крупном обломке. В этом случае проявляется соскабливание мелких частиц породы на поверхности обломка, обломок окатывается, теряет резкие выступы, сглаживается и тяготеет к достижению сферической формы. Конечно, в этом случае дробление и окатывание обломков происходит гораздо медленнее, чем на пляжах с крупными наносами, как, например, на северных берегах Кольского полуострова.

Данное явление может объяснить, почему нередко в древних толщах песков прибрежно-морского генезиса возможны включения гальки и валунов, причем хорошо окатанных, но относительно беспорядочно расположенных. Ведь в береговой зоне песчаные и галечно-валунные отложения обычно представляют собой совершенно разные фации. Описанный в статье механизм помогает объяснить такой необычный состав осадочных толщ и определить их генезис и возраст.

Выводы

Изложенное в данной статье позволяет автору сформулировать следующие выводы.

В береговой зоне морей и океанов распространены выбросы и накопления каменных обломков различных горных пород. На крутых подводных склонах к обломкам породы прочно крепятся ризоидами красные и бурые водоросли. Под влиянием сильного волнения эти обломки, увлекаемые водорослями в потоке волнового течения, выбрасываются на морской берег и

пополняют валунно-галечный пляж. Часто они подвергаются дроблению и истиранию, превращаются в окатанную гальку и валуны.

Основным является ряд условий, который чаще всего приводит к биогенному питанию морского берега крупными обломками скальных пород посредством прикрепленных водорослей. К ним относятся: 1) распространение достаточно плотной растительности в береговой зоне; 2) наличие скального бенча, с трещиноватой и выветрелой поверхностью слоистых осадочных пород; 3) крутой уклон подводного склона и повышенные значения удельной волновой энергии; 4) суровый волновой режим с частыми крупными волнами, особенно в фазу затухания волнений; 5) наличие значимых приливов с широкими приливными осушками, которые сложены сцементированными и кристаллизованными осадочными породами.

Исследованные процессы мы относим к литодинамическим биогенным. Представляется, что они важны для: а) расчета баланса наносов в береговой зоне морей; б) установления экологической значимости морских растений на разных участках берега; в) общей оценки состояния морских пляжей; г) анализа режима вдольберегового потока и поперечных миграций наносов; д) расшифровки и диагностики древних песчаных отложений с включениями гальки и валунов, определения их возраста.

Материалы этой статьи могут внести существенный вклад в развитие литодинамической теории береговедения, т. к. уточняется расчет баланса наносов в береговой зоне морей и океанов, мощность вдольбереговых потоков и поперечных миграций наносов, определение массы наносов на пляжах и более крупных аккумулятивных формах рельефа, условий эксплуатации искусственных пляжей, продуцирования минеральных и органических взвесей в береговой зоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зенкович В. П.* Основы учения о развитии морских берегов. М. : Изд. АН СССР, 1962. 710 с.
2. *Каплин П. А.* Новейшая история побережий Мирового океана. М. : Мысль, 1973. 265 с.
3. *Dolan R., Hayden B., Heywood J.* Analysis of coastal erosion and storm surge hazards // *Coastal Engineering*. 1978. № 2. P. 41–54. doi:10.1016/0378-3839(78)90004-2
4. *Шуйский Ю. Д.* Проблемы исследования баланса наносов в береговой зоне морей. Л. : Гидрометеоиздат, 1986. 240 с. URL: <http://dspace.onu.edu.ua:8080/handle/123456789/16858> (дата обращения: 10.11.2021).
5. Берега Тихого океана / В. П. Зенкович [и др.]. М. : Наука, 1967. 373 с.
6. *Шуйский Ю. Д.* История развития и методология береговедения. Одесса : Астропринт, 2018. 446 с.
7. *Gibb J. G.* Rates of coastal erosion and accretion in New Zealand // *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 1978. Vol. 12, iss. 4. P. 429–451. <https://doi.org/10.1080/00288330.1978.9515770>

8. Шуйский Ю. Д., Выхованец Г. В., Гогоберидзе Г. Г. Особенности прибрежно-морских аккумулятивных форм рельефа на Кольском побережье Баренцева моря // Известия Русского Географического общества. 2020. Т. 152, № 2. С. 31–42. <https://doi.org/10.31857/S0869607120020068>
9. Encyclopedia of Beaches and Coastal Environments / Edited by M. L. Schwartz. Stroudsburg : Hutchinson Ross Publ. Co. (USA), 1984. P. 857–859.
10. Зенкевич Л. А. Моря СССР, их фауна и флора. М. : Учпедгиз, 1955. 424 с.
11. Жизнь растений. Том 3 : Водоросли и лишайники / Под ред. М. М. Голлербаха. М. : Просвещение, 1977. 487 с.
12. Бёрд Э. Ч. Ф. Изменения береговой линии. Л. : Гидрометеиздат, 1990. 255 с.
13. Игнатов Е. И. Береговые морфосистемы. Москва-Смоленск : Маджента, 2004. 352 с.
14. Леонтьев И. О. Прибрежная динамика: волны, течения, потоки наносов. М. : ГЕОС, 2001. 272 с.

Об авторе:

Шуйский Юрий Дмитриевич, профессор кафедры физической географии, природопользования и геоинформационных технологий, Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова (2 Шампанский провулок, Одеса, 65058, Украина), доктор географических наук, **ORCID: 0000-0001-5308-0233**, **Scopus Author ID: 6603023709**, physgeo_onu@ukr.net

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Zenkovich, V.P., 1962. [*Principles of Theory on the Coast Development*]. Moscow: Izd. AN SSSR, 710 p. (in Russian).
2. Kaplin, P.A., 1973. [*Newest History of the World Ocean Coasts*]. Moskow: Mysl', 265 p. (in Russian).
3. Dolan, R., Hayden, B., and Heywood, J., 1978. Analysis of coastal erosion and storm surge hazards. *Coastal Engineering*, (2), pp. 41–54. doi:10.1016/0378-3839(78)90004-2
4. Shuisky, Yu.D., 1986. *Problems of Drifts Balance Investigation in Coastal Zone*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 240 p. (in Russian).
5. Zenkovich, V.P., Ionin, A.S., Kaplin, P.A. and Medvedev, V.S., 1967. [*The Pacific Coasts*]. Moscow: Nauka, 375 p. (in Russian).
6. Shuisky, Yu.D., 2018. [*History of Development and Methodology of Coastal Science*]. Odessa: Astroprint, 446 p. (in Russian).
7. Gibb, J.G., 1978. Rates of Coastal Erosion and Accretion in New Zealand // *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 12(4), pp. 429–451. <https://doi.org/10.1080/00288330.1978.9515770>
8. Shuisky, Yu.D., Vykhovanets, G.V. and Gogoberidze, G.G., 2020. Peculiarities of Shore Accumulative Forms of Relief along the Kola Coast of the Barents Sea // *Izvestiya Russkogo Geograficheskogo Obshchestva*, 152(2), pp. 31–42. <https://doi.org/10.31857/S0869607120020068>
9. Schwartz, M.L., 1982. *Encyclopedia of Beaches and Coastal Environments*. Stroudsburg: Hutchinson Ross Publ. Co. (USA), pp. 857–859.

10. Zenkevich, L.A., 1963. [*Seas of the USSR: its Fauna and Flora*]. Moscow: Uchpedgiz, 424 p. (in Russian).
11. Gollerbakh, M.M., ed., 1977. *Life of Algae and Plants. Volume 3: Algae and Herpes*. Moscow: Prosveshchenie, 487 p. (in Russian).
12. Bird, E.C.F., 1985. *Coastline Changes: A Global Review*. Willey, 232 p.
13. Ignatov, E.I., 2004. [*Coastal Morphosystems*]. Moscow-Smolensk: Magenta, 352 p. (in Russian).
14. Leontiev, I.O., 2001. [*Coastal Dynamics: Waves, Currents, Sediment Flows*]. Moscow: GEOS, 272 p. (in Russian).

About the author:

Yuri D. Shuisky, Professor of Department of Physical Geography, Nature Management and Geoinformation Technologies. Faculty of Geology and Geography, Odessa I.I. Mechnikov National University (2 Shampanskiy Provulok, Odesa, 65058, Ukraine), Dr.Sci. (Geogr.), **ORCID: 0000-0001-5308-0233**, **Scopus Author ID: 6603023709**, physgeo_onu@ukr.net

The author has read and approved the final manuscript.