

УДК 551.435.3.551.462

В.В. АФАНАСЬЕВ, А.В. УБА

## Средне-позднеголоценовые аккумулятивные образования северо-западного побережья острова Сахалин: происхождение, история и современная динамика

*Система кос в Амурском лимане и аккумулятивное образование свободного типа – коса Тык – являются крупнейшими на Сахалине. Крупнейшие на Сахалине аккумулятивные образования голоценового возраста приурочены к окраинно-депрессивным элементам морфоструктурного плана побережья. Установлен унаследованный с неогенового периода характер интенсивного осадконакопления для этих элементов, определены морфометрические параметры аккумулятивных образований и объем аккумуляции за средний–поздний голоцен. Показана современная динамика береговых форм за 60-летний период.*

*Ключевые слова: косы, бюджет наносов, вдольбереговой перенос наносов, морфодинамические характеристики.*

**Middle-Late Holocene accumulative formations in the Northwest coast of Sakhalin Island: the origin, history and contemporary dynamics.** V.V. AFANASEV, A.V. UBA (Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk).

*Spit system of the Amur estuary and Tyk spit, referred to a free type of accumulative formations are the largest in the Sakhalin. The largest Holocene accumulative formations in the Sakhalin are confined to the marginal-depression elements of the morphostructural coastal plan. This investigation establishes the intensive character of sedimentation in these elements, determines the morphometric parameters of accumulative formations and volume of the accumulation during Middle-Late Holocene. The dynamics of modern coastal forms for 60 years is also shown.*

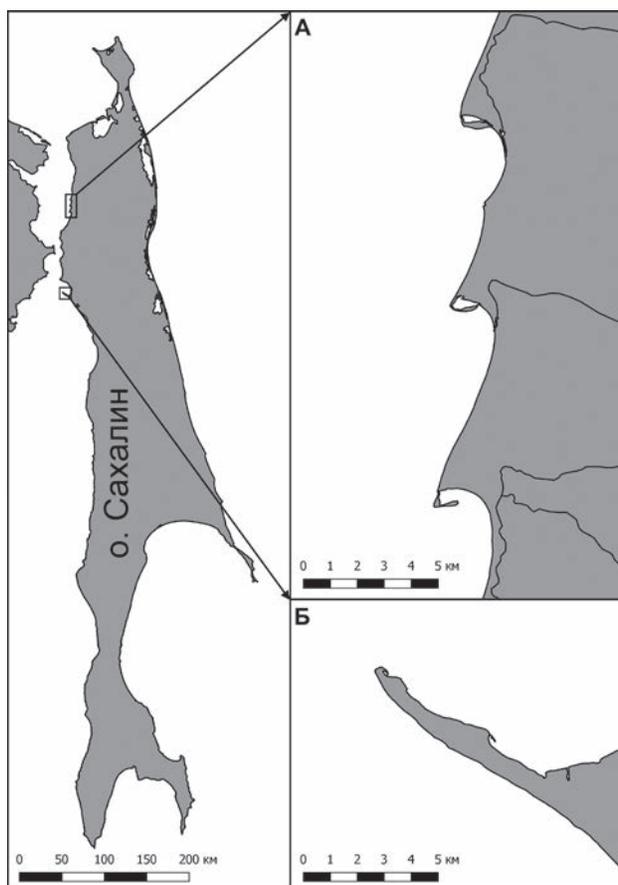
*Key words: spits, regional sediment budget, littoral drift, morphodynamic characteristics.*

Одними из наиболее интересных особенностей побережья северо-западного Сахалина являются крупнейшее на острове аккумулятивное образование свободного типа – коса Тык – и ритмически построенная аккумулятивная система кос Ихдам, Нокси, Ныйде (рис. 1). Указанные морские аккумулятивные образования рассматриваются нами как результат унаследованного с неогенового периода развития областей интенсивного осадконакопления в среднем–позднем голоцене. Объем наносов, формирующих аккумулятивные системы, составляет соответственно 152 и 96 млн м<sup>3</sup>. Морфометрические параметры аккумулятивных образований и объем аккумуляции за средний–поздний голоцен согласуются с данными о современных вдольбереговых перемещениях наносов. Основная цель исследования – изучение морфометрических и морфодинамических параметров этих образований, выявление условий и причин их формирования.

---

\*АФАНАСЬЕВ Виктор Викторович – кандидат географических наук, заведующий лабораторией, УБА Алексей Владимирович – младший научный сотрудник (Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск). \*E-mail: vvasand@mail.ru

Рис. 1. Аккумулятивное образование свободного типа коса Тык (Б) и ритмически построенная аккумулятивная система кос Ихдам, Нокси, Ныйде (А)



### Происхождение и возраст аккумулятивных образований

Сопряженный анализ строения берегов северо-западного Сахалина и морфоструктуры побережья показал, что в условиях преимущественно вдольберегового переноса наносов крупнейшие на западном Сахалине голоценовые свободные аккумулятивные образования (коса Тык и система кос «азовского» типа) располагаются на участках выхода в береговую зону окраинно-депрессивных элементов морфоструктурного плана [2]. Строение осадочных толщ свидетельствует о максимальных для района скоростях осадконакопления здесь на протяжении всего неоген-четвертичного времени [1].

Отсутствие региональных угловых несогласий и дислокаций в четвертичных отложениях говорит о том, что формирование структурного плана, начавшееся в позднем миоцене, продолжилось в плиоцене, четвертичном периоде и не закончилось в настоящее время [5, 12].

Особое значение имеют тектонические движения голоцена и верхнего плейстоцена. Берегоформирующая роль этих движений, опосредствованная через морфометрические и морфодинамические параметры береговой зоны, уже мало у кого вызывает сомнения [8, 11, 13]. При этом с небольшими вариациями констатируется, что в типичных случаях поднимающиеся участки побережья развиваются по абразионному, а погружающиеся – по аккумулятивному типу. В нашем случае местоположение аккумулятивных систем эту закономерность не нарушает. Об унаследованном относительно погружении в голоцене системы кос свидетельствуют также своеобразные грядово-озерковые образования на прибрежной низменности в зоне выхода на побережье северного фланга Тыкско-Вагисской

депрессии. Аналогичные формы в Западной Сибири рассматриваются как результат перемещения озерно-болотных образований в направлении тектонического перегиба [7].

В отличие от открытых побережий с решающим вкладом в энергетику береговой зоны длинноволновой составляющей, для северо-запада Сахалина характерно преобладание собственно ветрового волнения. Именно это условие наряду с вытянутой формой водоема обеспечило необходимый для самоорганизации береговых песчаных ритмов угол подхода ветровых волн, создающий максимальный вдольбереговой наносодвижущий эффект [6]. По данным наблюдений и экспериментов, этот угол составляет 23–37° [10].

Согласно расчетным данным и материалам наблюдений, результирующий вдольбереговой перенос в Амурском лимане направлен с севера на юг, а в вершине Татарского пролива – с юга на север [3].

На протяжении среднего–позднего голоцена волновые условия, вероятно, не претерпели существенных изменений, и первоначально особенности осадконакопления определялись достаточной мощностью вдольберегового перемещения наносов и условиями самоорганизации береговых песчаных волн на данном участке [14]. Определенную роль сыграл и наносодерживающий эффект устьевой циркуляции в береговой зоне. Деформации приустьевых участков речных долин в районе кос свидетельствуют о существенных перестройках аккумулятивной системы в процессе ее становления. В районе самой северной, первой по отношению к результирующему потоку наносов, косы Ихдам русло одноименной реки отклонено к югу на 4,8 км. Аккумулятивное тело косы расположено в районе современного устья. На участке косы Нокси направление реки изменяется только в пределах самой аккумулятивной формы. В районе третьей косы – Ныйде – река отклоняется на юг, по направлению потока наносов, за пределы аккумулятивного тела на 4 км. Общая длина участка реки, параллельного берегу, составляет здесь 5,5 км.

В современном виде морфолитосистема кос Ихдам, Нокси, Ныйде была сформирована по крайней мере к началу заключительного ритма прибрежно-морской аккумуляции, фиксируемому волновыми отложениями прикорневой части косы Ныйде, имеющими возраст около 1500 лет ( $1470 \pm 84$ , ДВГУ-б/н) [4]. Радиоуглеродных определений возраста собственно отложений прикорневой части косы Тык нет, однако прилегающая морская терраса абсолютной высотой 2,5–4,0 м была сформирована около 3500 лет назад ( $3450 \pm 277$ , ДВГУ-177,  $3450 \pm 390$ , ДВГУ-174).

### Современная морфодинамика аккумулятивных образований

Морфолитодинамический режим района характеризуется резко выраженной сменой направления потока наносов. Волнение южных румбов преобладает в летний период, а северных – в осенний. Наиболее энергетически обеспеченное осеннее волнение и определяет основные черты строения и развития системы кос. Более продолжительное, но слабое воздействие волнения с юга осуществляет главным образом перераспределение наносов в пределах системы. Расчеты показывают, что количество речных наносов, поступающих в настоящее время в береговую зону на участке кос, составляет 400 м<sup>3</sup>/год, или 2 % объема ежегодного размыва верхнеплейстоценовой террасы в пределах данной литодинамической ячейки. Учитывая, что нанософормирующие осадки представляют только около половины абразионного материала, доля аллювия в бюджете наносов в отношении основной абразионной составляющей может увеличиваться до 4 %. Возможность существенно, в несколько десятков раз, увеличения твердого стока в голоцене исключена. Принимая во внимание, что объем только наиболее контрастно выраженной части аккумулятивных форм составляет около 60 млн м<sup>3</sup>, следует признать, что значение аллювия как приходной статьи бюджета наносов было невелико на протяжении всего периода эволюции кос.

Подводные продолжения кос Ихдам и Нокси прослеживаются до четырехметровых, косы Ныйде – до двухметровых глубин. Объем наносов, формирующих указанные аккумулятивные формы, соответственно равен  $41 \times 10^6$ ,  $37 \times 10^6$  и  $19 \times 10^6$  м<sup>3</sup> (см. таблицу).

**Картометрия морфологических элементов системы кос северо-западного побережья о-ва Сахалин**

Характеристика элемента	Ихдам	Нокси	Ныйде
Площадь дзэндзика, м <sup>2</sup>			
1952 г.	–	121 127	179 978
1973 г.	159 878	131 975	134 532
2012 г.	218 800	125 347	133 367
Размыв прикорневой части, м <sup>2</sup>			
1952–1973 гг.	–	14 036	13 865
1973–2012 гг.	61 835	64 618	68 492
Объем наносов, $n \times 10^6$ м <sup>3</sup>			
Надводная часть, 1973 г.	5,50	4,74	6,02
Надводная часть, 2012 г.	5,50	4,69	5,97
Подводная часть, 1973 г.	35,65	32,23	13,51
Объем наносов на глубинах			
от 4 до 3 м	21,99	17,28	Не прослеживаются
от 3 до 2 м	10,42	10,08	То же
от 2 до 0 м	3,24	4,87	13,51
Суммарный объем наносов, 1973 г., $n \times 10^6$ м <sup>3</sup>	41,20	36,97	19,53

Примечание. Прочерк – данные отсутствуют.

Отражая истинные масштабы аккумуляции в системе закономерно повторяющихся морфолитодинамических обстановок, подводные части кос являются индикатором пространственно-временных изменений в ней. В качестве наиболее очевидного проявления этого можно рассматривать закономерности распределения наносов по глубинам.

До двухметровых глубин коса Ихдам, наиболее открытая для осенних штормов, имеет наименьшие запасы отложений – около  $3 \times 10^6$  м<sup>3</sup>. Объем осадков в аналогичной части аккумулятивного тела косы Нокси составляет около  $5 \times 10^6$  м<sup>3</sup>. Наибольший объем осадков в пределах рассматриваемых глубин сосредоточен в подводном продолжении косы Ныйде – примерно  $14 \times 10^6$  м<sup>3</sup>. На больших глубинах наблюдается обратный порядок распределения отложений. Таким образом, в условиях приливно-отливных изменений уровня волнение северных румбов формирует более крутой профиль берегового склона. Уменьшение энергетики береговой зоны с севера на юг подтверждается результатами исследований осадка в зоне пляжа. С севера на юг в пляжевых отложениях уменьшается содержание тяжелой фракции – от 500 до 200 г/м<sup>3</sup>. При этом содержание тяжелой фракции на дистальных концах кос в 1,5–2 раза выше, чем в их корневых частях. В этом же направлении наблюдается уменьшение медианной размерности отложений.

В настоящее время морфолитосистема кос все еще находится в состоянии динамического равновесия. Об этом свидетельствуют одинаковые расстояния между смежными аккумулятивными формами (7,4 км), выравнивание до трехметровой изобаты объемов аккумуляции (по  $19 \times 10^6$  м<sup>3</sup>). Кроме того, установлено, что до усиления гидродинамической активности в районе формирования кос, начавшейся в 1950-е годы [9], площадь дзэндзиков каждой из трех кос составляла 8 % площади основания.

На фоне усиления размыва берегов за период 1952–1973 гг. произошло увеличение площадей дзэндзиков кос Ихдам и Нокси и размыв дзэндзика косы Ныйде (рис. 2). В 1973–2012 гг. площадь дзэндзика косы Ихдам продолжала увеличиваться при незначительном размыве дзэндзиков кос Нокси и Ныйде. Что касается прикорневой части аккумулятивных образований, то за двадцатилетний период – с 1952 по 1973 г. – площадь размыва составила примерно по 14 тыс. м<sup>2</sup>. В следующий сорокалетний период интенсивность размыва увеличилась до 62 тыс. м<sup>2</sup> для косы Ихдам и до 68 тыс. м<sup>2</sup> для косы Ныйде.

Крупнейшее на Сахалине аккумулятивное образование свободного типа – коса Тык – за последние 60 лет также испытывала значительные перестройки (рис. 2Г). Внешняя морская сторона косы размывалась со среднегодовой скоростью около 0,8 м/год. За этот

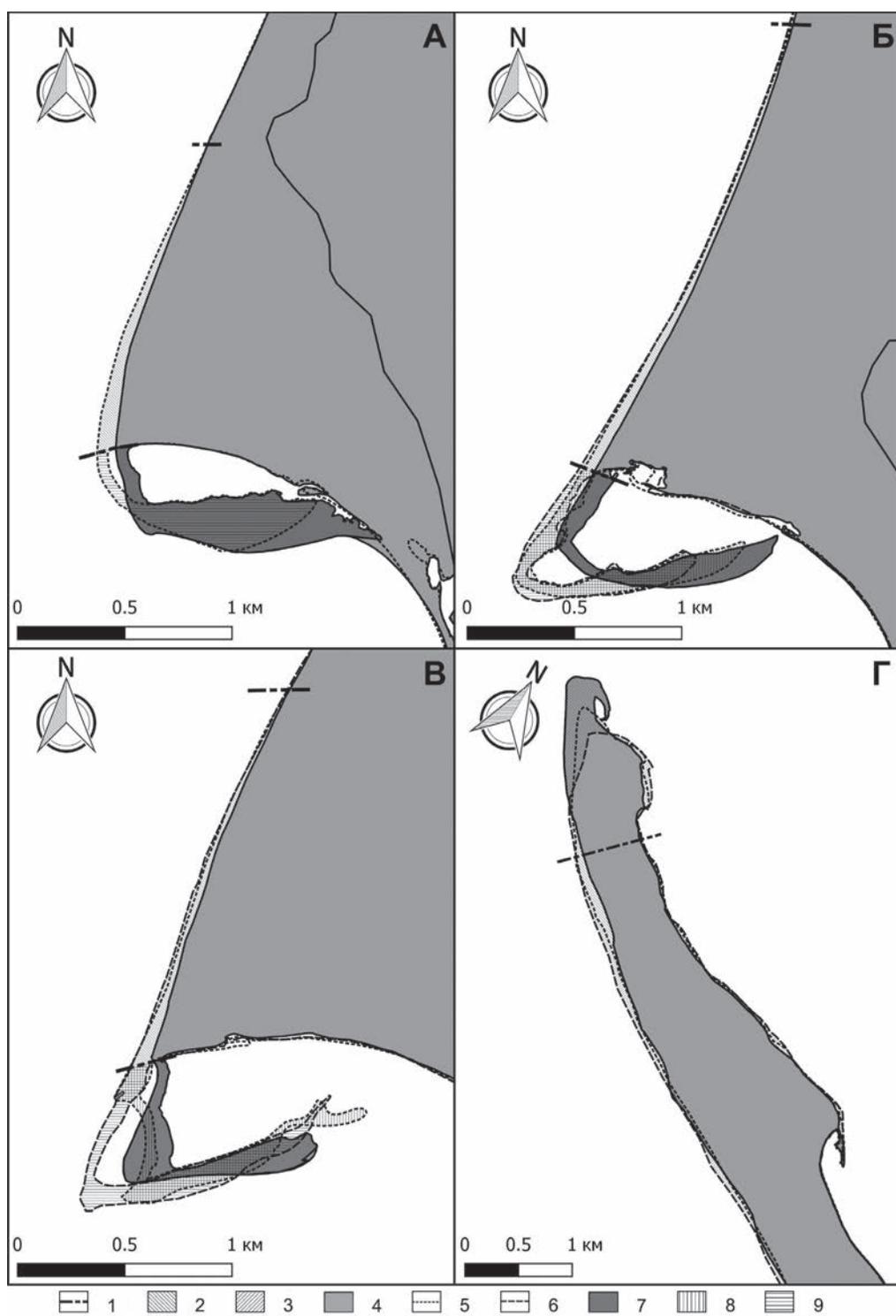


Рис. 2. Динамика аккумулятивных образований северо-запада Сахалина – кос Ихдам (А), Нокси (Б), Нийде (В), Тык (Г). Усл. обозначения: 1 – граница расчета площадей; 2 – разность площадей 1973–2012 гг.; 3 – разность площадей 1952–1973 гг.; 4 – контур 2012 г.; 5 – контур 1973 г.; 6 – контур 1952 г.; 7 – дзэндзик 2012 г.; 8 – дзэндзик 1973 г.; 9 – дзэндзик 1952 г.

период коса потеряла с этой стороны 375 тыс. м<sup>2</sup>. В то же время дистальное окончание косы Тыкросло на 180 тыс. м<sup>2</sup>. Скорость нарастания в период 1952–1973 гг. составляла 2140 м<sup>2</sup>/год, а в период 1973–2012 гг. – около 3500 м<sup>2</sup>/год.

### Заклучение

Резюмируя вышеизложенное, акцентируем внимание на том, что наблюдаемые прибрежно-морские аккумулятивные образования приурочены к областям с максимальными скоростями осадконакопления на протяжении всего неоген-четвертичного времени. Прибрежно-морской тип перекомпенсированного осадконакопления, выраженный в формировании крупнейших на Сахалине кос, в этих условиях был реализован механизмами динамической теории В.П. Зенковича [6].

Строение аккумулятивной системы кос Ихдам, Нокси, Ныйде свидетельствует о решающем вкладе в морфологию аккумулятивных форм волнения северных румбов осенней составляющей морфолитодинамического режима района. Высокоэнергетическое волнение северных румбов определяет и характер распределения тяжелой фракции осадков в береговой морфолитосистеме.

Изменение морфометрических показателей аккумулятивных образований за период 1952–2012 гг. подтверждает сделанный нами ранее вывод об усилении накопления наносов при размыве берегов в областях унаследованной аккумуляции [4]. В случае с системой кос Ихдам, Нокси и Ныйде увеличение площади аккумулятивной формы наблюдается в первой ячейке (коса Ихдам) по отношению к результирующему потоку наносов. В настоящее время морфолитосистема кос все еще находится в состоянии динамического равновесия, но при усилении процессов размыва возможно смещение зон аккумуляции и изменение структуры самой морфолитосистемы кос.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.В. Геоморфологическое строение и история развития прибрежной равнины северо-западного Сахалина // Проблемы современной науки и образования. 2016. № 11. С. 139–148.
2. Афанасьев В.В. К вопросу о морфоструктуре северо-западного Сахалина // Геологические и геоморфологические особенности некоторых регионов Дальнего Востока и зоны перехода к Тихому океану. Владивосток: ДВПИ, 1989. С. 100–106.
3. Афанасьев В.В. Размыв берегов северо-западного Сахалина // Береговая зона дальневосточных морей. Л.: Изд-во ГО СССР, 1991. С. 98–104.
4. Афанасьев В.В. Эволюция побережья дальневосточных морей в голоцене // Эволюция берегов в условиях поднятия уровня океана. М., 1992. С. 166–174.
5. Гальцев-Безюк С.Д., Полуниин Г.В. О новейшей границе четвертичной системы на Сахалине // Природные ресурсы Сахалина, их охрана и использование. Южно-Сахалинск, 1975. С. 83–93.
6. Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 710 с.
7. Мартынов О.С. Болотные ландшафты – индикаторы прогнозируемых тектонических структур среднего Приобья // Природные и социально-экономические системы Тюменского Приобья. Тюмень, 1981. С. 105–114.
8. Никифоров Л.Г. Структурная геоморфология морских побережий. М.: Изд-во МГУ, 1977. 175 с.
9. Полуниин Г.В., Бузлаев В.А., Коноваленко В.А. Данные о скорости абразионных процессов на берегах Сахалина // Вопросы географии побережий и шельфа дальневосточных морей. Владивосток, 1977. С. 134–144.
10. Попов Б.А. Наносодвижущий и абразионный эффекты морского волнения // Береговая зона моря. М.: Наука, 1981. С. 53–61.
11. Соловьева Г.Д. Соотношение влияния климатического и тектонического факторов на развитие морских берегов // Вопр. географии. 1982. № 119. С. 22–31.
12. Худяков Г.И. Геоморфотектоника юга Дальнего Востока (вопросы теории). М.: Наука, 1977. 256 с.
13. Шарков В.В. О роли тектонических движений в формировании берегов // Океанология. 1970. Т. 10, вып. 4. С. 726–728.
14. Falqués A., Calvete D., Ribas F. Shoreline Instability due to Very blique Wave Incidence: Some Remarks on the Physics // J. Coast. Res. 2011. Vol. 27(2). P. 291–295.