

Общая геология

УДК 551.4.04

ЭНДОГЕННЫЕ И ЭКЗОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ В ПРОЦЕССАХ ЭРОЗИИ, ПЕРЕНОСА И АККУМУЛЯЦИИ ОСАДКОВ НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ ШЕЛЬФЕ ОСТРОВА САХАЛИН

Ильин Владимир Вениаминович,

старший преподаватель кафедры нефтегазового дела,
помощник проректора Сахалинского государственного университета,
Россия, 693000, Сахалинская область, г. Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290.
E-mail: vladimirilyin7@gmail.com

Целью данной работы является оценка направленности развития процессов эрозии, переноса и аккумуляции осадочного материала от береговой зоны до границы шельфа. В результате инженерно-геологической съемки, выполненной на двух участках северо-восточного шельфа Сахалина, выявлена зависимость характера осадконакопления от геоморфологической и структурно-тектонической приуроченности объекта. Сопоставлено влияние друг на друга и взаимодействие эндогенных и экзогенных факторов в геоэкологических процессах. Эндогенные факторы представлены геологическим строением территории исследований. Характеристика экзогенных факторов выражена в геоморфологических и океанологических условиях акватории исследований. Описаны современные отложения и донные формы рельефа от береговой линии до границы шельфа. Приведены рисунки записей профилей сейсмоакустического профилирования, выполненных в аналоговом формате. Глубина дешифрирования сейсмоакустических записей ограничена кратной волной, соответствующей глубине моря.

Ключевые слова:

Эндогенный фактор, экзогенный фактор, эрозия, аккумуляция, перенос осадков, сейсмоакустическое профилирование.

Исходные данные

Около 20 % территории побережья Сахалина преобразовано в результате инженерной деятельности [1]. Активное освоение прибрежно-шельфовой зоны началось в конце XX в. в связи с разработкой нефтегазовых месторождений. В конце 80-х – начале 90-х гг. на северо-восточном шельфе Сахалина была выполнена морская инженерно-геологическая съемка перспективных участков масштаба 1:50000. В данной статье по результатам съемки двух сопредельных участков – Луньской и Киринской съемочных площадей – проанализирована роль экзогенных и эндогенных факторов в процессах эрозии, переноса и аккумуляции осадочного материала для оценки их воздействия на объекты инженерной деятельности.

В пределах Луньской и Киринской площадей было выполнено более 2000 пог. км геофизических исследований – непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСАП), гидролокация бокового обзора, батиметрический промер; более

1000 станций донного пробоотбора на глубину 0,5...6,0 м по грунту; бурение инженерно-геологических скважин на море и на суше (около 1000 пог. м, глубина скважин 30...80 м); 25 станций статического зондирования на глубину 11 м по грунту, а также комплекс океанографических исследований с измерением скорости течений, волнения, высоты приливов-отливов, температуры, солености, ледовых характеристик и лабораторные исследования.

Воздействие эндогенных факторов исследуемого объекта находит отражение в его геолого-геоморфологическом строении, а экзогенных – в геоморфологическом строении и океанологических условиях района.

Эндогенные факторы

Геологическое строение

В геолого-тектоническом строении исследуемого участка шельфа выделяется два структурных этажа – осадочный чехол и акустический фунда-

мент (рис. 2). Первый сложен кайнозойскими отложениями, второй – мезо-палеозойскими метаморфическими породами. Кайнозойские отложения представлены нутовской свитой миоцен-раннеплейстоценового возраста мощностью более 1200 м. Чехол и фундамент разделены региональным несогласием и резко отличаются по степени деформированности. В истории деформаций неогенового осадочного чехла выделено две фазы: первая – относительно спокойного развития, когда деформации складкообразования не проявились, вторая – развитие антиклинальных складок и грабенообразных понижений по параллельным системам сбросов в позднем плиоцене – раннем плейстоцене.

На рис. 1–5 представлены записи пяти наиболее характерных профилей НСАП, расположенных последовательно по направлению от берега к

морю (курс СВВ 60°). Геолого-тектонический разрез от береговой линии до континентального склона протяженностью порядка 35 км представлен: в прибрежной части – Конгинской синклинальной зоной (рис. 1), распространенной до 12 км от береговой линии; далее в разрезе выделяется Валская антиклинальная зона Восточно-Сахалинского антиклинория, в пределах которой на расстоянии 12...18 км от берега развита Луньская антиклинальная складка (рис. 2) и на расстоянии 28...30 км – Киринская антиклинальная складка (рис. 4, 5), между складками наблюдается хорошо выраженное структурное понижение (рис. 3, 4).

Простирание структур – СЗ 343°. Размер Луньской складки – 24,5×6,5 км, Киринской – 11×2 км. Луньская структура осложнена дизъюнктивными нарушениями, которые делят ее на



Рис. 1. Современные и четвертичные отложения в районе берегового склона, Конгинской синклинальной зоны и западной границы Луньской структуры (запись НСАП)

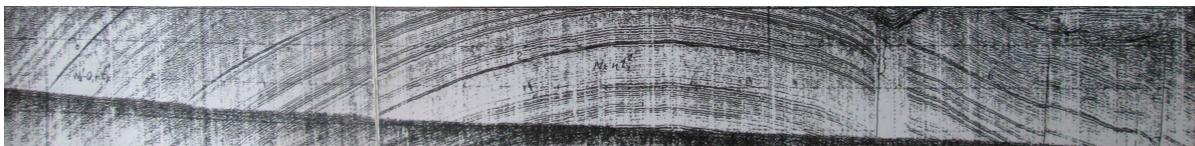


Рис. 2. Луньская структура на записях НСАП (с запада на восток)

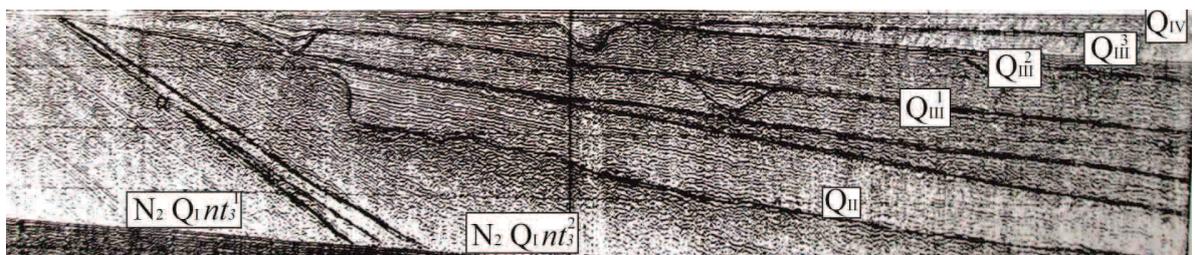


Рис. 3. Граница коренных неоген-четвертичных и четвертичных отложений на восточном участке Луньской структуры (запись НСАП)

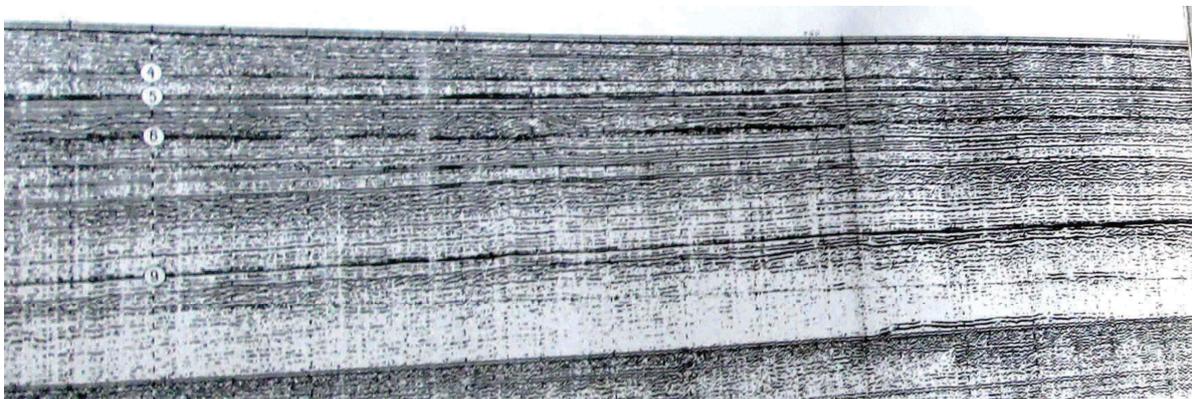


Рис. 4. Четвертичные отложения на западном участке Киринской структуры (запись НСАП)

три блока – северный, центральный и южный. Кири́нская структура разделена на северный и южный блоки.

Четвертичные отложения в пределах исследуемой акватории развиты неравномерно. Их мощность и формы залегания прослежены на временных разрезах НСАП, подтверждены данными инженерно-геологического бурения и донного опробования. В районе подводного берегового склона (Конгинская синклиальная зона) мощность четвертичных отложений составляет от первых метров до 15...20 м (рис. 1). В районе Луньской антиклинальной складки – от первых сантиметров до 2,0...2,5 м (рис. 2, 6). На участке между Луньской складкой и Кири́нской мощность достигает 65 м (рис. 3, 4). В районе Кири́нской антиклинальной складки мощность четвертичных отложений уменьшается до 30...35 м (рис. 4, 5), далее, в сторону моря, их мощность увеличивается до 115 м и более (рис. 5).

Граница между четвертичными и коренными отложениями в районе Конгинской синеклизы и Луньской складки резко несогласная, в районе Кири́нской структуры – конформная. На сейсмоакустических записях она выражена в виде регионального несогласия.

Четвертичный геологический разрез представлен в полном стратиграфическом объеме и имеет хорошие корреляционные горизонты. Нижняя возрастная граница четвертичных отложений в абсолютном выражении оценивается в 450 тысяч лет. Осадки отлагались в условиях открытого моря, в обстановке с переменным энергетическим уровнем. На сейсмоакустических записях хорошо просматривается трансгрессивно-регрессивная цикличность осадконакопления (рис. 3). Выделенные границы стратиграфо-генетических комплексов имеют региональный характер и отражают эвстатические колебания уровня моря и геолого-тектоническую историю развития района.

Минералогический состав осадков – кварц, плагиоклаз, циркон, сфен, силлиманит, рутил, лейкоксен, апатит, турмалин, марказит, ильменит, амфиболы, пироксены, гранаты, смектит, гидрослюда, каолинит, хлорит. Каких-либо закономерностей в распределении минералов в зависимо-

сти от удаленности от берега, глубины моря и положения в рельефе не выявлено.

Через описанные структуры проходит несколько палеодолин глубиной от 5 до 20 м ранне-средне-четвертичного возраста (рис. 3).

Экзогенные факторы

Глубина моря и океанологические условия

Глубина моря в районе берегового склона (Конгинская синеклиза) изменяется от 0,0 до 20...25 м, в районе Луньской структуры – от 20...25 до 45...50 м, на участке между Луньской и Кири́нской – от 45...50 до 65...90 м, в районе Кири́нской структуры – 90...105 м, далее до 115 м и глубже [2, 3].

Средняя высота волн в районе в июне–августе составляет 1,5...2,0 м, в сентябре–ноябре – 2,0...2,5 м. Максимальная высота волны, зафиксированная с буровой установки, составила 11,5 м, а максимальная расчетная высота волны (один раз в 50 лет) – 17,0 м [4].

В районе проходит холодное Северо-Сахалинское течение. Его средняя скорость в придонных слоях составляет 10...20 см/с. Эллипсы приливно-отливных течений ориентированы субпараллельно береговой линии. Средняя скорость суммарных течений в пределах Луньской площади на поверхности составляет 40...50 см/с, в придонных слоях – 20...25 см/с. Максимальная зарегистрированная скорость на глубине 48 м в придонном слое составила 97 см/с [5, 6].

Кроме того, на береговую линию и водные потоки оказывают воздействие силы Кориолиса. Совместное действие волнения и течений увеличивает интенсивность переноса осадков.

Современные отложения и донные формы рельефа

По набору фракций в литологическом составе современных отложений выделяются осадки однородные (однокомпонентные) и смешанные (многокомпонентные). В основном встречаются смешанные – песок мелкий-средний-алевритистый, песок с гравием и галькой, песок с глинистыми частицами и т. д. Поставщиком осадочных материалов служат разрушающиеся берега и размываемые коренные донные породы, сложенные слаболитифи-

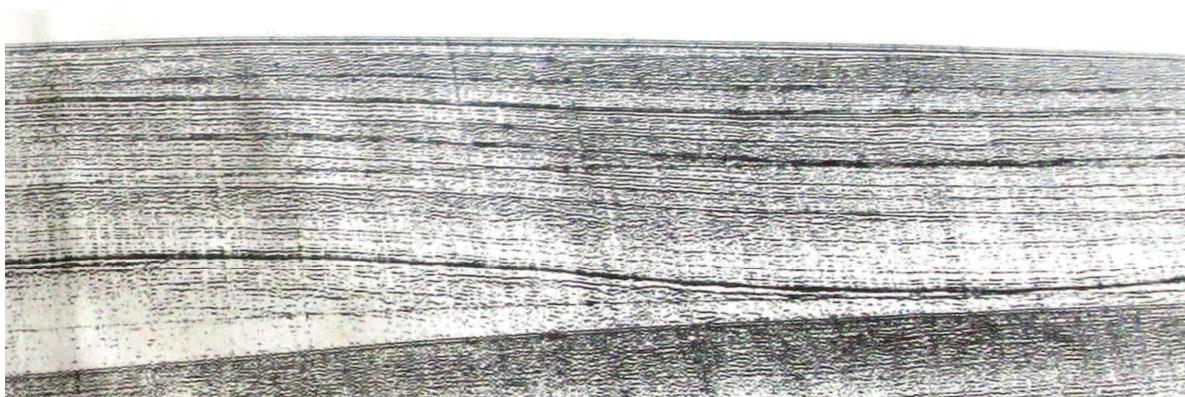


Рис. 5. Четвертичные отложения на восточном участке Кири́нской структуры (запись НСАП)

цированными и слабосцементированными отложениями нутовской свиты, а также вынос рек, ледовый разнос и пирокластические выбросы окружающих вулканов [7].

Преобладание грубообломочной составляющей характерно для береговой и волноприбойной части шельфа на глубине от 0 до 20 м. На этих участках перенос осадков осуществляется в сторону моря и обратно за счет приливно-отливных и штормовых процессов. Также перенос и смещение осадков здесь частично выполняется Северо-Сахалинским течением в южном направлении.

На глубинах моря более 20 м преобладает перенос песка мелкого и более тонких фракций. Перемещение материала осуществляется в южном направлении под воздействием Северо-Сахалинского течения.

В периоды отсутствия штормов основной перенос осадков осуществляется в придонном слое, толщина которого составляет до 1,0...1,5 м. Во время штормов активно разрушаются береговые и донные формы рельефа на глубине моря до 20 м и толщина потока перераспределения осадочного материала увеличивается на соответствующую величину. В зимне-весенний период осадочный материал также поступает на всю территорию шельфа за счет ледового разноса.

На участках с преобладанием аккумулятивных процессов рельеф дна выполнен реликтовыми аккумулятивными формами в виде песчаных гряд и валов. На них развиваются современные крупные формы – песчаные волны (песчаные валы или «гигантская рябь»), имеющие протяженность более 200 м, ширину до 250 м, высоту 2...3 м (рис. 7). На крупных формах, в свою очередь, развиваются

мелкие мезо-формы – мелкие песчаные волны протяженностью менее 200 м, шириной – 10...20 м, высотой – около 1 м. Еще меньшие размеры имеет рябь течений, развитая по всей площади исследований: протяженность достигает 1 м, ширина – до 0,5 м, высота – 0,05 м.

Выявленные в ходе повторных промеров перемещения крупных песчаных волн, сопровождаются значительным переносом осадков. По предварительным оценкам, количество вовлекаемого в движение материала составляет 0,5...1,0 млн м³ на один квадратный километр [8].

В пределах Луньской структуры современные отложения в районе купольной части складки, как было сказано выше, практически отсутствуют (рис. 6). На протяжении всего четвертичного времени структура испытывает устойчивое поднятие, в результате чего вершинная часть складки была срезана, и осадочный материал перераспределен по шельфу, континентальному склону и глубоководной котловине. В пределах купольной части структуры отсутствуют аккумулятивные формы рельефа, что подтверждает факт продолжающегося процесса поднятия блока и развивающейся эрозионной обстановки.

Аккумулятивные формы донного рельефа, зафиксированные между Луньской и Киринской структурами, – песчаные гряды и волны, на которых развиваются мелкие аккумулятивные формы (рис. 7). Аналогичные формы выявлены южнее и севернее структур, а также в районе берегового склона в пределах Конгинской синеклизы. Как было отмечено выше, они постоянно перемещаются в виде песчаных валов и «гигантской ряби», заполняя межгрядовые ложбины и впадины.

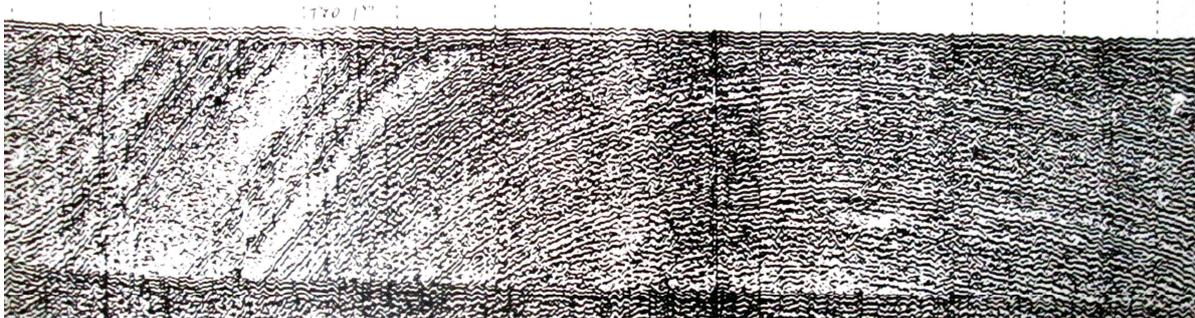


Рис. 6. Современные и четвертичные отложения в районе Луньской структуры – горизонтальная слоистость в верхней части разреза (запись НСАП)

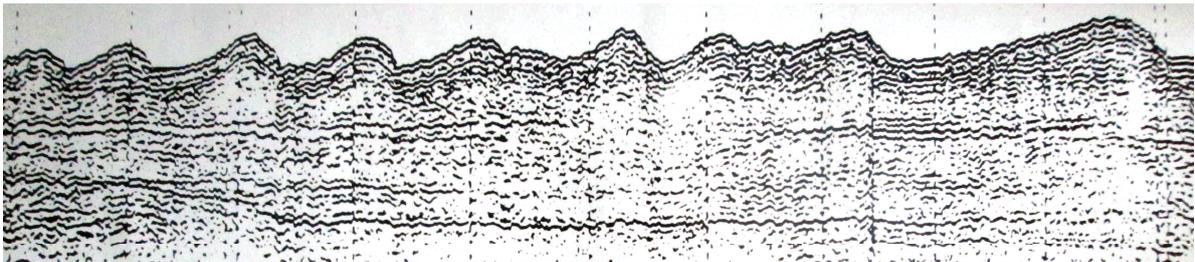


Рис. 7. Донные формы рельефа на глубине моря 45...50 м на участке между Луньской и Киринской структурами (запись НСАП)

В районе Конгинской синеклизы (рис. 1) на фоне общего увеличения глубины моря по мере удаленности от берега наблюдаются участки локального понижения рельефа до 3...5 м в виде вытянутых параллельно береговой линии долин протяженностью до нескольких километров и шириной до 1...2 км. Это участки синеклизы с выраженным нисходящим движением структуры и проявленным дефицитом осадочного материала, т. е. участки, скорость опускания которых выше скорости современного осадконакопления.

Выводы

Следует отметить, что наибольшее влияние на современные процессы переноса и отложения осадочного материала на северо-восточном шельфе Сахалина оказывают эндогенные факторы и интенсивность их проявления. Экзогенные факторы являются вторичными, наложенными на эндогенные. Так, в прибрежно-морской зоне, где идет интенсивное разрушение берега и вынос аллювия реками, наблюдается дефицит осадочного материала на участке с интенсивным развитием нисходящих процессов в Конгинской синеклизе, выражающееся в локальных понижениях рельефа морского дна.

В то же время в пределах купольной части Луньской антиклинальной складки, которая на протяжении всего четвертичного периода была подвержена процессу устойчивого поднятия, на-

блюдается практически полное отсутствие осадочного материала. Скорее всего, это продукты собственного разрушения самой структуры, которые также будут с нее перемещены на прилегающие территории, характеризующиеся аккумулятивными обстановками, обусловленные равновесным состоянием тектонических процессов или нисходящими движениями блоков земной коры.

В районе купольной части Кириной складки, судя по характеру накопления осадков, наблюдается некоторое преобладание восходящих движений над процессами осадконакопления, что выражается в уменьшении мощности разновозрастных слоев в районе структуры и их увеличением в межструктурных понижениях, а также характерным изгибом в виде купола всей толщи четвертичных отложений.

Реликтовые валы имеют достаточно продолжительную жизнь в сравнении с развитыми на них мезоформами, но и они в конечном итоге разрушаются, а межрядовые впадины заполняются осадочным материалом.

Направленность и развитие современных процессов на каждом конкретном участке шельфа зависит от его структурной приуроченности и соответствующего состояния эндогенных факторов, а объемы поступающего материала и его перемещение обеспечивают экзогенные факторы.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов ФЦП № 14.В37.21.0584 и 14.В37.21.0604.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Первухин С.М. Природные ресурсы прибрежной зоны острова Сахалин: дис. ... канд. геогр. наук. – Владивосток, 2011. – 142 с.
2. Пищальник В.М., Бобков А.О. Океанографический атлас шельфовой зоны острова Сахалин: в 2 ч. Ч. 1. – Южно-Сахалинск: СахГУ, 2000. – 174 с.
3. Пищальник В.М., Бобков А.О. Океанографический атлас шельфовой зоны острова Сахалин: в 2 ч. Ч. 2. – Южно-Сахалинск: СахГУ, 2000. – 108 с.
4. Использование данных дистанционного зондирования при изучении ледовой обстановки в дальневосточных морях / В.А. Мелкий, В.М. Пищальник, А.А. Гальцев, В.А. Романюк, И.В. Еременко, Н.С. Семенов, И.Г. Минервин // Земля из космоса – наиболее эффективные решения: Матер. V Междунар. конф. – М.: СпбЭкс, 2011. – С. 143–144.
5. Mathematical modeling of water circulation on eastern shelf of Sakhalin island / V.M. Pishchalnik, V.S. Arkhipkin, A.V. Leonov, I.G. Minervin, V.A. Melkiy // The 28th International symposium on Okhotsk sea & sea ice. – Mombetsu: OSCORA, 2013. – P. 300–303
6. Мелкий В.А., Марчуков В.С., Игрицов М.А. Методика автоматизированного ландшафтного дешифрирования космических изображений // Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1998. – № 4–5. – С. 68–82.
7. Мелкий В.А. Разработка теории аэрокосмического мониторинга вулканопасных территорий // Геодезия и картография. – 2000. – № 11. – С. 52–53.
8. Мелкий В.А., Зенкин О.В., Малинников В.А. Применение спутниковых данных MODIS для оценки антропогенных загрязнений вод Охотского моря // Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2007. – № 6. – С. 160–166.

Поступила 26.04.2013 г.

UDC 551.4.04

ENDOGENOUS AND EXOGENOUS FACTORS AT SEDIMENT EROSION, TRANSPORTING AND ACCUMULATION IN THE NORTH-EAST SHELF OF SAKHALIN ISLAND

Vladimir V. Ilin,

Sakhalin State University, Russia, 693000, Yuzhno-Sakhalinsk, Lenin street, 290.

E-mail: vladimirilyin7@gmail.com.

The purpose of the research is to estimate the direction of sediment erosion, transporting and accumulation development from the sea coast to the shelf border. The author has determined the dependence of sedimentation character on geomorphologic and structural object association based on the results of engineering-geological survey of two areas of North-East shelf of Sakhalin island. The influence and interaction of endogenous and exogenous factors in geoecological processes were investigated. The endogenous factors are represented by geological conditions of the territory. The characteristics of exogenous factors are represented in geomorphologic and oceanological conditions. The paper describes current deposits and bottom-living forms of the relief from the sea coast to the shelf border. The paper introduces the pictures of sub-bottom profiles in analog format. The depth of analog recording is limited by the depth of the sea bottom.

Key words:

Endogenous factor, exogenous factor, erosion, accumulation, sediment transporting, sub-bottom profiling.

REFERENCES

1. Pervukhin S.M. *Prirodnye resursy pribrezhnoy zony ostrova Sakhalin. Dis. kand. geogr. nauk* [Natural resources of the sea coast area of the Sakhalin island. Cand. Diss.]. Vladivostok, 2011. 142 p.
2. Pishchalnik V.M., Bobkov A.O. *Okeanografichesky atlas shelfovoy zony ostrova Sakhalin* [The oceanographic atlas of the shelf zone of the Sakhalin island]. Yuzhno-Sakhalinsk, SakhGU, 2000. B. 1, 174 p.
3. Pishchalnik V.M., Bobkov A.O. *Okeanografichesky atlas shelfovoy zony ostrova Sakhalin* [The oceanographic atlas of the shelf zone of the Sakhalin island]. Yuzhno-Sakhalinsk, SakhGU, 2000. B. 2, 108 p.
4. Melkiy V.A., Pishchalnik V.M., Galtsev A.A., Romanyuk V.A., Eremenko I.V., Semenov N.S., Minervin I.G. *Ispolzovanie dannykh distantsionnogo zondirovaniya pri izuchenii ledovoy obstanovki v dalnevostochnykh moryakh* [Use of distance investigation data in researching sea ice conditions of the Far East seas]. *Zemlya iz kosmosa – naibolee effektivnye resheniya. Materialy V Mezhdunarodnoy konferentsii* [Earth from the space – the most efficient solutions. Proc. of the V international conference]. Moscow, SknEks, 2011. pp. 143–144.
5. Pishchalnik V.M., Arkhipkin V.S., Leonov A.V., Minervin I.G., Melkiy V.A. *Mathematical modeling of water circulation on eastern shelf of Sakhalin island. The 28th International symposium on Okhotsk sea & sea ice*. Mombetsu, OSCORA, 2013. pp. 300–303
6. Melkiy V.A., Marchukov V.S., Igritsov M.A. *Metodika avtomatizirovannogo landshaftnogo deshifirovaniya kosmicheskikh izobrazheniy* [The methodology of automatic investigation of space pictures]. *Izvestiya Vuzov. Geodezia i aeriofotosemka*, 1998, no. 4–5, pp. 68–82.
7. Melkiy V.A. *Razrabotka teorii aerokosmicheskogo monitoringa vulkanoopasnykh territoriy* [Development of the theory of space monitoring for volcano hazardous territories]. *Geodezia i kartografiya*, 2000, no. 11, pp. 52–53.
8. Melkiy V.A., Zenkin O.V., Malinnikov V.A. *Primeneniye sputnikovykh dannykh MODIS dlya otsenki antropogennykh zagryazneniy vod Okhotskogo moraya* [Application of MODIS space data for assessing the Okhotsk sea water pollution]. *Izvestiya Vuzov. Geodezia i aeriofotosemka*, 2007, no. 6, pp. 160–166.