



TECTONIC ZONING OF THE SEDIMENTARY COVER IN THE DERYUGIN BASIN OF THE SEA OF OKHOTSK BASED ON STRUCTURAL-MATERIAL (LITHOPHYSICAL) INDICATORS

V. P. Semakin, A. V. Kochergin

Institute of Marine Geology and Geophysics, Far East Branch of RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Abstract: In terms of tectonics, the Deryugin basin (Fig. 1) is a part of the epi-Mesozoic Okhotsk plate comprising the heterogeneous basement that is mainly pre-Cenozoic (the lower structural stage) and the sedimentary cover that is mainly represented by the Paleogenic-Neogenic-Quaternary deposits with the Upper Cretaceous sedimentary rocks observed locally without a visible hiatus (the upper structural stage).

The acoustic basement (AB) is composed of the metamorphosed Upper Cretaceous-Paleogenic silty-clayey-siliceous deposits (the western part of the region), amphibolites, gneisses, crystalline schists, weakly metamorphosed sandstones, siltstones, and mudstones (often siliceous), as well as intrusive and effusive rocks of basic, intermediate, and rarely persilic composition (the eastern part of the region). AB is generally dated as Mesozoic–Paleozoic.

Results of *tectonic zoning of the sedimentary cover based on material (lithophysical) indicators* (Fig. 2) are represented in the format of maps showing lithophysical complexes (LC) within the limits of four regional seismo-stratigraphic complexes/structural layers (RSSC I-IV) corresponding to the following time intervals: the pre-Oligocene K_2-P_{1-2} (RSSC I), the Oligocene – Lower Miocene $P_3-N_1^1$ (RSSC II), the Lower – Mid Miocene N_1^{1-2} (RSSC III), and the Upper Miocene – Pliocene $N_1^3-N_2$ (RSSC IV). Diverse lithological-facies associations composing the RSSCs are grouped into the following lithophysical complexes (LC): 1 – coal-bearing silty-clayey-sandy terrigenous, 2 – sandy-silty-clayey terrigenous, 3 – silty-clayey-siliceous, and 4 – sandy-silty-clayey volcanic [Sergeyev, 2006]. In the studied area (Fig. 2), the deposits of the pre-Oligocene RSSC are identified in limited areas within its northern, northwestern, and southwestern parts; they are represented by coal-bearing silty-clayey-sandy terrigenous and silty-clayey-siliceous LCs. Other RSSCs (II, III, and IV) in this area represented mostly by sandy-silty-clayey terrigenous and silty-clayey-siliceous LCs, and only the extreme southwestern part along the eastern Sakhalin coast contains narrow bands of the coal-bearing silty-clayey-sandy LC. The sandy-silty-clayey volcanic LC is absent in the Deryugin basin.

Tectonic zoning of the sedimentary cover based on structural indicators is carried out with reference to the sediment-thickness map [Sergeyev, 2006] that was significantly revised in its segment showing the area of the Deryugin basin. Results of such zoning are represented in the format of a structural-tectonic map (Fig. 3) showing orientations and morphology of the structural elements of the sedimentary cover, the thickness of the sedimentary cover, and amplitudes of relative uplifts and troughs.

With reference to the structural-tectonic map (see Fig. 3), the structural elements of different orders are grouped by their sizes, spatial positions and orientations and thus comprise structural zones (Fig. 4) that include relative uplifts and troughs that are considered as structural elements of smaller sizes (Fig. 5).

Tectonic zoning of the sedimentary cover based on structural-material (lithophysical) indicators (Fig. 7–10) is carried out with reference to the maps of the lithophysical complexes of the four regional seismo-stratigraphic complexes/structural layers (see Fig. 2) and the map of high-order structural elements in the sedimentary cover (see Fig. 5).

Key words: acoustic basement, sedimentary cover, structural zones, structural elements, Deryugin basin, the Sea of Okhotsk.

Recommended by E.V. Sklyarov

Citation: V.P. Semakin, A.V. Kochergin. 2013. Tectonic zoning of the sedimentary cover in the Deryugin basin of the Sea of Okhotsk based on structural-material (lithophysical) indicators. *Geodynamics & Tectonophysics* 4 (4), 371–386. doi:10.5800/GT-2013-4-4-0107.

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА РАЙОНА ВПАДИНЫ ДЕРЮГИНА (ОХОТСКОЕ МОРЕ) ПО СТРУКТУРНО- ВЕЩЕСТВЕННЫМ (ЛИТОФИЗИЧЕСКИМ) ПРИЗНАКАМ

В. П. Семакин, А. В. Кочергин

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

Аннотация: Район впадины Дерюгина (рис. 1) в тектоническом отношении рассматривается как часть Охотоморской эпимезозойской плиты, в строении которой выделяются гетерогенный фундамент, преимущественно докайнозойского возраста (нижний структурный этаж), и осадочный чехол, представленный в основном палеоген-неоген-четвертичными отложениями и на отдельных участках без видимого перерыва – нормально-осадочными образованиями верхнего мела (верхний структурный этаж).

Акустический фундамент (АФ) сложен алеврито-глинисто-кремнистыми метаморфизованными образованиями верхнемелового–палеогенового возраста (западная часть района), амфиболитами, гнейсами, кристаллическими сланцами, слабометаморфизованными песчаниками, алевролитами, аргиллитами (часто кремнистыми), а также интрузивными и эффузивными породами основного, среднего и, реже, кислого состава (восточная часть района). В целом акустический фундамент датируется мезозоем–палеозоем.

Тектоническое районирование осадочного чехла по вещественным (литофизическим) признакам (рис. 2) выполнено в форме карт литофизических комплексов в рамках четырех региональных сейсмостратиграфических комплексов (РССК I–IV–структурных ярусов), соответствующих следующим временным интервалам: доолигоценный K_2-P_{1-2} (РССК I), олигоцен-нижнемиоценовый $P_3-N_1^1$ (РССК II), нижне-среднемиоценовый N_1^{1-2} (РССК III) и верхнемиоцен-плиоценовый $N_1^3-N_2$ (РССК IV). Поскольку РССК включают в себя разные вещественно-фациальные ассоциации, то для их дифференциации введены следующие литофизические комплексы (ЛК): 1 – алеврито-глинисто-песчаный терригенный с углями, 2 – песчано-алеврито-глинистый терригенный, 3 – алеврито-глинисто-кремнистый и 4 – песчано-алеврито-глинистый вулканогенный [Sergeyev, 2006].

В рассматриваемом районе (рис. 2) отложения доолигоценного РССК I устанавливаются на ограниченных площадях в северной, северо-западной и юго-западной его частях, где они представлены алеврито-глинисто-песчаным терригенным с углями и алеврито-глинисто-кремнистым ЛК. Остальные РССК (II, III и IV) сложены в основном песчано-алеврито-глинистым терригенным и алеврито-глинисто-кремнистым литофизическими комплексами, и лишь в крайней юго-западной части района вдоль восточного побережья Сахалина прослеживаются узкие полосы, представленные алеврито-глинисто-песчаным с углями литофизическим комплексом. Песчано-алеврито-глинистый вулканогенный ЛК в районе впадины Дерюгина отсутствует.

Тектоническое районирование осадочного чехла по структурным признакам проведено на основании существенно уточненной для района впадины Дерюгина карты мощности осадочного чехла [Sergeyev, 2006], в результате чего составлена структурно-тектоническая карта (рис. 3), которая отражает ориентировку структурных элементов осадочного чехла, их морфологию, мощность осадков и амплитуды относительных поднятий и прогибов.

На основе структурно-тектонической карты (рис. 3), в зависимости от размеров, пространственного положения и ориентировки структурных элементов разных порядков, проведено их объединение в структурные зоны (рис. 4), включающие более мелкие по размерам структурные элементы в форме относительных поднятий и прогибов (рис. 5).

Тектоническое районирование осадочного чехла по структурно-вещественным (литофизическим) признакам (рис. 7–10) выполнено на основании карт литофизических комплексов четырех региональных сейсмостратиграфических комплексов (структурных ярусов) (рис. 2) и карты высокопорядковых структурных элементов осадочного чехла (рис. 5).

Ключевые слова: акустический фундамент, осадочный чехол, структурные зоны, структурные элементы, впадина Дерюгина, Охотское море.

1. ВВЕДЕНИЕ

Район впадины Дерюгина (рис. 1) в тектоническом отношении рассматривается как часть Охотоморской эпимезозойской плиты, в строении которой выделяются гетерогенный фундамент, преимущественно докайнозойского возраста (нижний структурный этаж), и осадочный чехол, сложенный в основном палеоген-

неоген-четвертичными отложениями и на отдельных участках без видимого перерыва – нормально-осадочными образованиями верхнего мела (верхний структурный этаж).

Результатами ранее проведенных исследований установлено, что район впадины характеризуется повышенным тепловым потоком [Sergeyev, 2006], высоким уровнем содержания метана [Kulinich, Obzhirov, 2003;

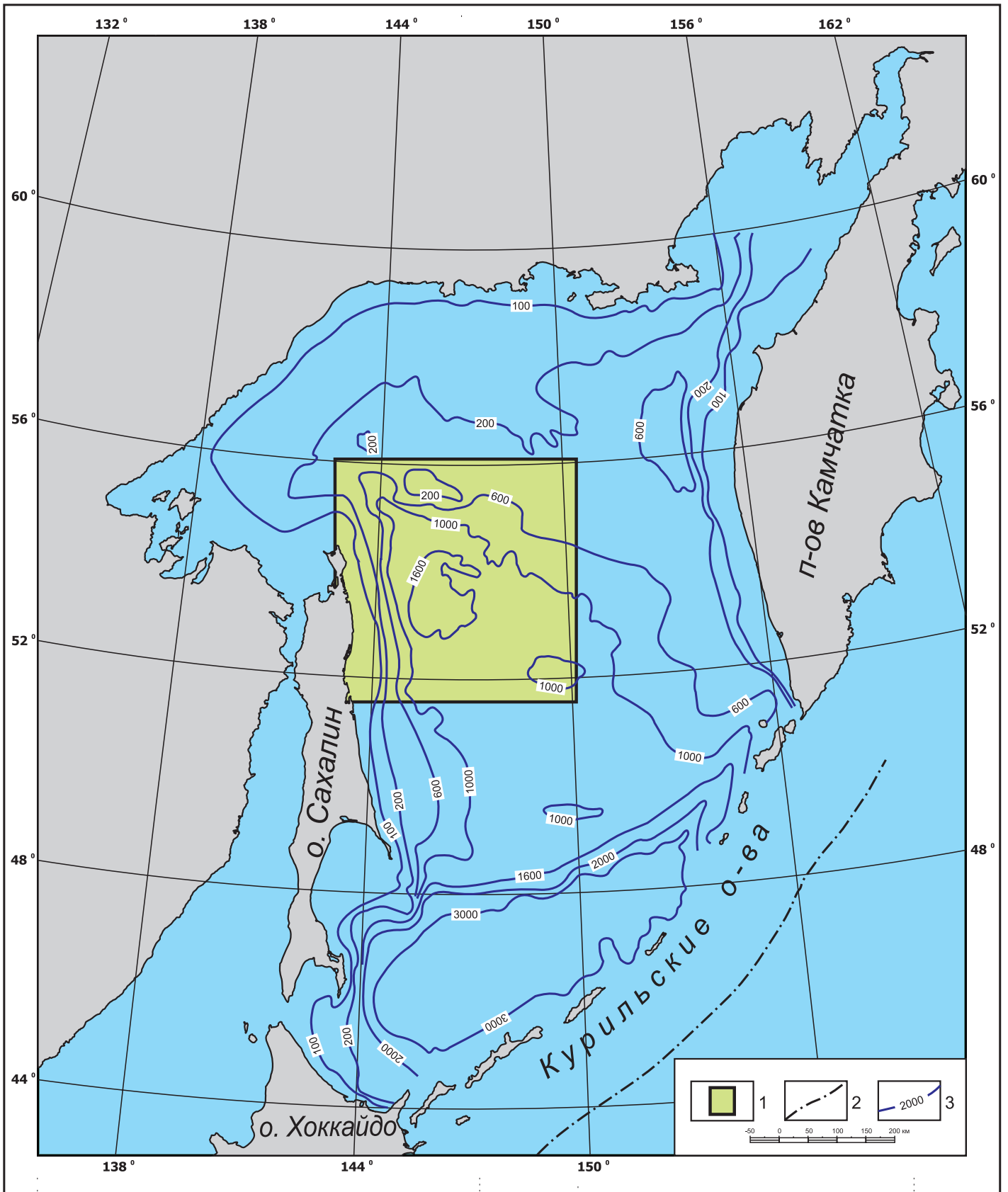


Рис. 1. Схема расположения района исследований.

1 – район впадины Дерюгина; 2 – ось Курильского желоба; 3 – изобаты.

Fig. 1. The location scheme of the area under study.

1 – the Deryugin basin area; 2 – axis of the Kuril trough; 3 – isobaths.

Obzhurov et al., 1999], интенсивной барит-карбонатной минерализацией [Astakhova, Sorochinskaya, 2001; Kulnich, Obzhurov, 2003; Obzhurov et al., 1999], наличием железо-марганцевых образований [Astakhova, Sattarova, 2005], ртути [Astakhov et al., 2007] и других рудных элементов [Astakhov et al., 2005]. В районе выявлены газовые гидраты, а с целью оценки углеводородного потенциала выделены и описаны в рамках четырех региональных сейсмостратиграфических комплексов (РССК I-IV) два осадочно-породных бассейна (ОПБ) (Северо-Сахалинский и Дерюгинский) [Sergeyev, 2006]. Описание ОПБ проведено без привлечения картографических материалов. Выделение и характеристика осадочно-породных бассейнов на акватории находится в тесной зависимости от детальности геолого-геофизической изученности. С учетом всего вышеприведенного нами впервые для данного района выполнено комплексное тектоническое районирование осадочного чехла по вещественным (литофизическим), структурным и структурно-вещественным (литофизическим) признакам.

2. ТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ПО ВЕЩЕСТВЕННЫМ (ЛИТОФИЗИЧЕСКИМ) ПРИЗНАКАМ

Указанное тектоническое районирование базируется в основном на материалах палеогеографических схем литофизических комплексов, опубликованных в [Sergeyev, 2006].

В осадочном чехле Охотского моря выделено четыре региональных сейсмостратиграфических комплекса (РССК I-IV), соответствующих следующим временным интервалам: доолигоценый K_2-P_{1-2} (РССК I), олигоцен-нижнемиоценовый – $P_3-N_1^1$ (РССК II), нижне-среднемиоценовый – N_1^{1-2} (РССК III) и верхнемиоцен-плиоценовый – $N_1^3-N_2$ (РССК IV), которые в тектоническом отношении рассматриваются нами как структурные ярусы. Поскольку РССК включают в себя разные вещественно-фациальные ассоциации, для их дифференциации введены следующие литофизические комплексы (ЛК): 1 – алеврито-глинисто-песчаный терригенный с углями, 2 – песчано-алеврито-глинистый терригенный, 3 – алеврито-глинисто-кремнистый и 4 – песчано-алеврито-глинистый вулканогенный [Sergeyev, 2006]. Последний ЛК в районе не развит.

Тектоническое районирование осадочного чехла района впадины Дерюгина по вещественным (литофизическим) признакам выполнено в форме карт литофизических комплексов в рамках четырех региональных сейсмостратиграфических комплексов (структурных ярусов) (рис. 2).

В рассматриваемом районе отложения доолигоценного (K_2-P_{1-2}) регионального сейсмостратиграфического комплекса (РССК I) устанавливаются на ограниченных площадях в северной, северо-западной и юго-

западной его частях, где они представлены алеврито-глинисто-песчаным терригенным с углями литофизическим комплексом (ЛК) и алеврито-глинисто-кремнистым ЛК. Остальные РССК (II, III и IV) представлены в основном песчано-алеврито-глинистым терригенным и алеврито-глинисто-кремнистым литофизическими комплексами, и лишь в крайней юго-западной части района вдоль восточного побережья Сахалина прослеживаются узкие полосы, сложенные алеврито-глинисто-песчаным терригенным с углями литофизическим комплексом.

3. ТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ПО СТРУКТУРНЫМ ПРИЗНАКАМ

3.1. Структурно-тектоническая карта осадочного чехла

Информация о мощности осадочного чехла рассматриваемого района отражена, в частности, на карте мощности осадочного чехла Охотского моря и островного склона Курильского желоба [Sergeyev, 2006]. С учетом этой карты, на основании дополнительной сейсмической информации по 11 профилям МОВ ОГТ, нами с привлечением гравиметрических данных [Volgin et al., 2011] выполнен уточненный вариант карты мощности осадочного чехла района впадины Дерюгина. На базе этой карты составлена структурно-тектоническая карта (рис. 3), при построении которой в качестве исходной («структурной») поверхности принята поверхность акустического фундамента. На карте оконтурены выходы акустического фундамента на поверхность дна акватории, проведены оси относительных поднятий и прогибов, выделены подножья флексур и тектонических уступов акустического фундамента. Карта отражает ориентировку структурных элементов осадочного чехла, их морфологию, мощность осадков и амплитуды относительных поднятий и прогибов.

3.2. Схема структурных зон осадочного чехла

На основе структурно-тектонической карты (рис. 3) в зависимости от размеров, пространственного положения и ориентировки структурных элементов проведено их объединение в структурные зоны (рис. 4).

В рассматриваемом районе выделено одиннадцать структурных зон (рис. 4). Северо-Сахалинская зона II (4–10), а также большая часть Восточно-Сахалинской зоны I (1–3) ориентированы в субмеридиональном и северо-западном направлениях, и лишь южная часть последней зоны вытянута вначале в субширотном, а затем в юго-западном направлении. Юго-западную ориентировку имеет также Южно-Дерюгинская зона III (11). Зоны Кашеваровская V (13–14), Лебединская VI (15–16), Центральная VII (17), Срединно-Охотская VIII (18–19) и Южная IX (20–21) отчетливо ориентиро-

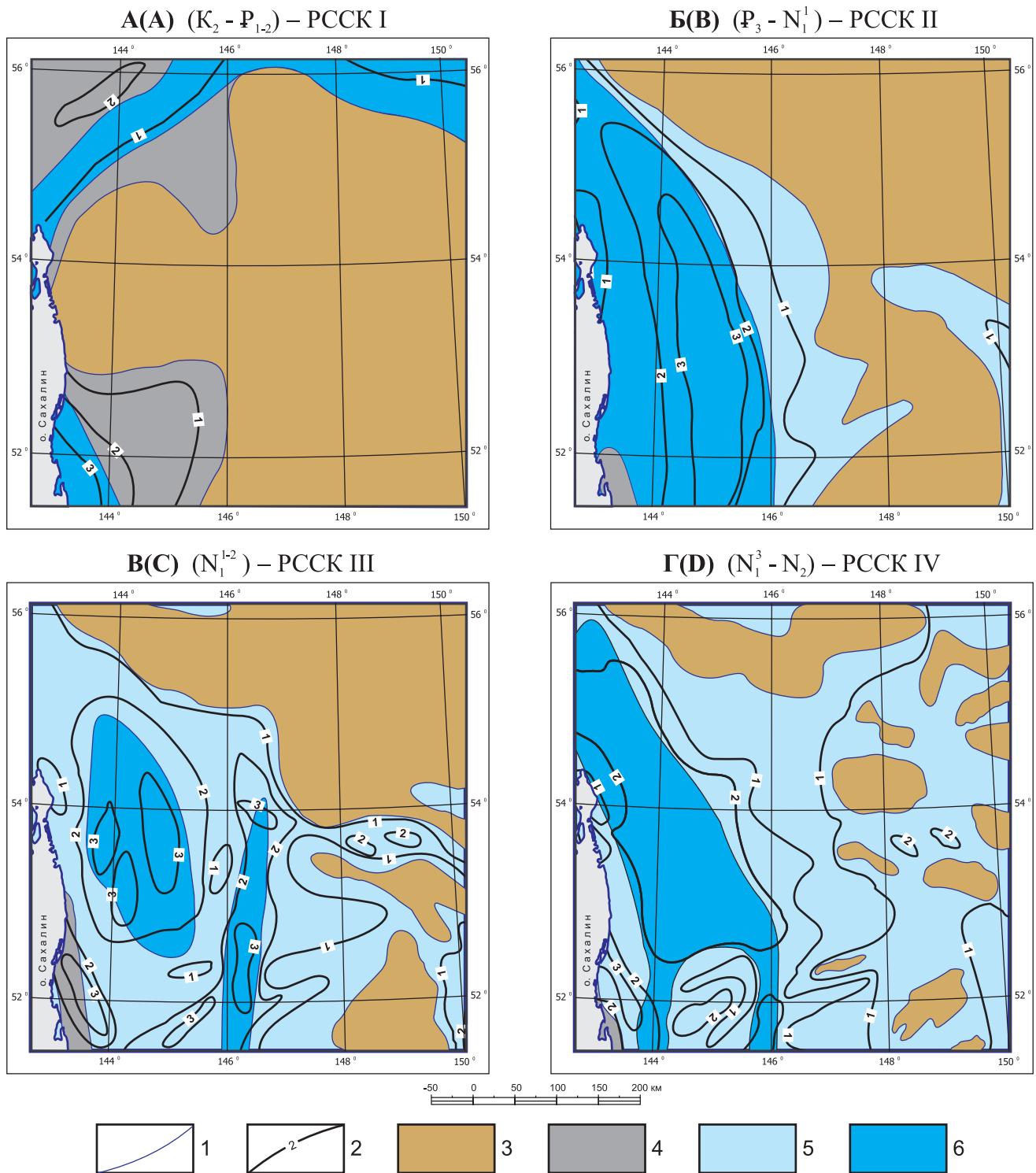


Рис. 2. Тектоническое районирование осадочного чехла района впадины Дерюгина (Охотское море) по вещественным (литофизическим) признакам.

A, B, B, Г – карты литофизических комплексов в рамках региональных сейсмостратиграфических комплексов (структурных ярусов) четырех временных интервалов; 1 – границы литофизических комплексов; 2 – изопахиты (в км); 3 – области отсутствия отложений; 4–6 – литофизические комплексы: 4 – алеврито-глинисто-песчаный терригенный с углями, 5 – песчано-алеврито-глинистый терригенный, 6 – алеврито-глинисто-кремнистый.

Fig. 2. Tectonic zoning of the sedimentary cover of the Deryugin basin area, the Sea of Okhotsk, based on material (lithophysical) indicators.

A, B, C, D – maps of lithophysical complexes within the limits of regional seismo-stratigraphic complexes/structural layers of the four time intervals; 1 – boundaries of lithophysical complexes; 2 – isopachs (km); 3 – areas barren of sediments; 4–6 – lithophysical complexes: 4 – silty-clayey-sandy terrigenous with coals, 5 – sandy-silty-clayey terrigenous, 6 – silty-clayey-siliceous.

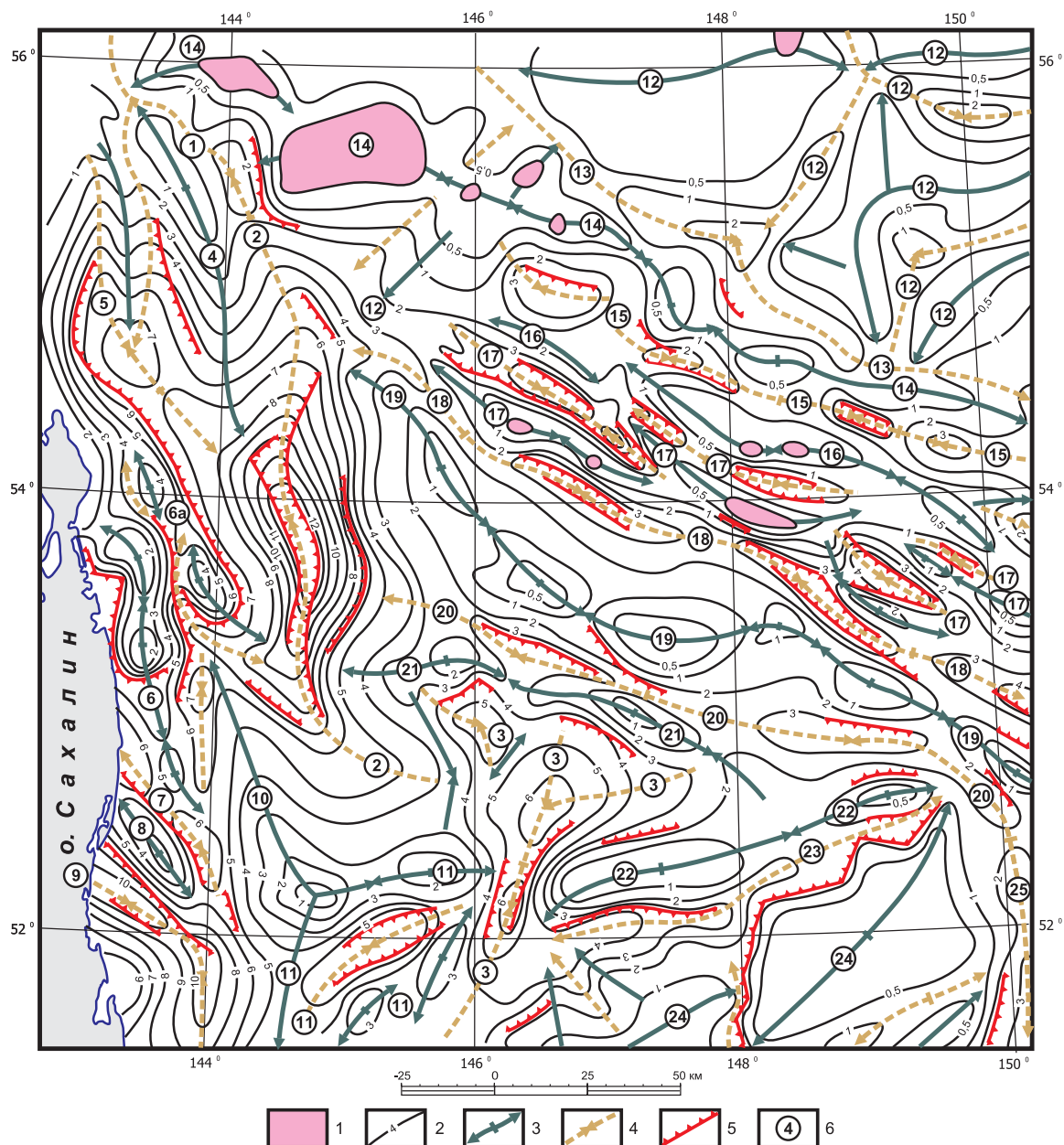


Рис. 3. Структурно-тектоническая карта осадочного чехла.

1 – выходы акустического фундамента на дно моря; 2 – изопахиты (в км); 3 – оси относительных поднятий; 4 – оси относительных прогибов; 5 – подножья флексур и тектонических уступов фундамента; 6 – номера с названиями высокопорядковых структурных элементов (соответствуют номерам и названиям на рис. 4–10). **Высокопорядковые структурные элементы:** 1 – Старицкий прогиб, 2 – Дерюгинский прогиб, 3 – Северо-Пограничный прогиб, 4 – поднятие Тихоновича, 5 – Восточно-Шмидтовский прогиб, 6 – Шмидтовско-Одоптинское поднятие, 6а – Восточно-Шмидтовская подзона, 7 – Пильтунский прогиб, 8 – Чайвинское поднятие, 9 – Чайвинский прогиб, 10 – Восточно-Одоптинское поднятие, 11 – поднятия и прогиб Южно-Дерюгинской зоны, 12 – поднятия и прогибы Центрально-Охотской зоны, 13 – Восточно-Кашеваровский прогиб, 14 – Кашеваровское поднятие, 15 – прогиб Лебеда, 16 – поднятие Лебеда, 17 – поднятия и прогибы Центральной зоны, 18 – Центрально-Охотский прогиб, 19 – Атласовское (Срединно-Охотское) поднятие, 20 – Институтско-Дерюгинский прогиб, 21 – Институтско-Дерюгинское поднятие, 22 – Северо-Институтское поднятие, 23 – Центрально-Институтский прогиб, 24 – Южно-Институтское поднятие, 25 – Макаровский прогиб.

Fig. 3. The structural-tectonic map of the sedimentary cover of the Deryugin basin area, the Sea of Okhotsk.

1 – seafloor exposures of the acoustic basement; 2 – isopachs (km); 3 – axes of relative uplifts; 4 – axes of relative troughs; 5 – foot of flexures and tectonic scarps of the basement; 6 – numbers and names of high-order structural elements (same as in Figures 4–10). **High-order structural elements:** 1 – Staritsky trough, 2 – Deryugin trough, 3 – Pogranichnyi trough, 4 – Tikhonovich uplift, 5 – East Schmidt trough, 6 – Schmidt Odoptu uplift, 6a – East Schmidt subzone, 7 – Piltun trough, 8 – Chivin uplift, 9 – Chivin trough, 10 – East Odoptu uplift, 11 – uplifts and the trough of the South Deryugin zone, 12 – uplifts and troughs of the Central Okhotsk zone, 13 – East Kashevarov trough, 14 – Kashevarov uplift, 15 – Lebed trough, 16 – Lebed uplift, 17 – uplifts and troughs of the Central zone, 18 – Central Okhotsk trough, 19 – Atlasov (Middle Okhotsk) uplift, 20 – Deryugin Institute trough, 21 – Deryugin Institute uplift, 22 – North Institute uplift, 23 – Central Institute trough, 24 – South Institute uplift, 25 – Makarov trough.

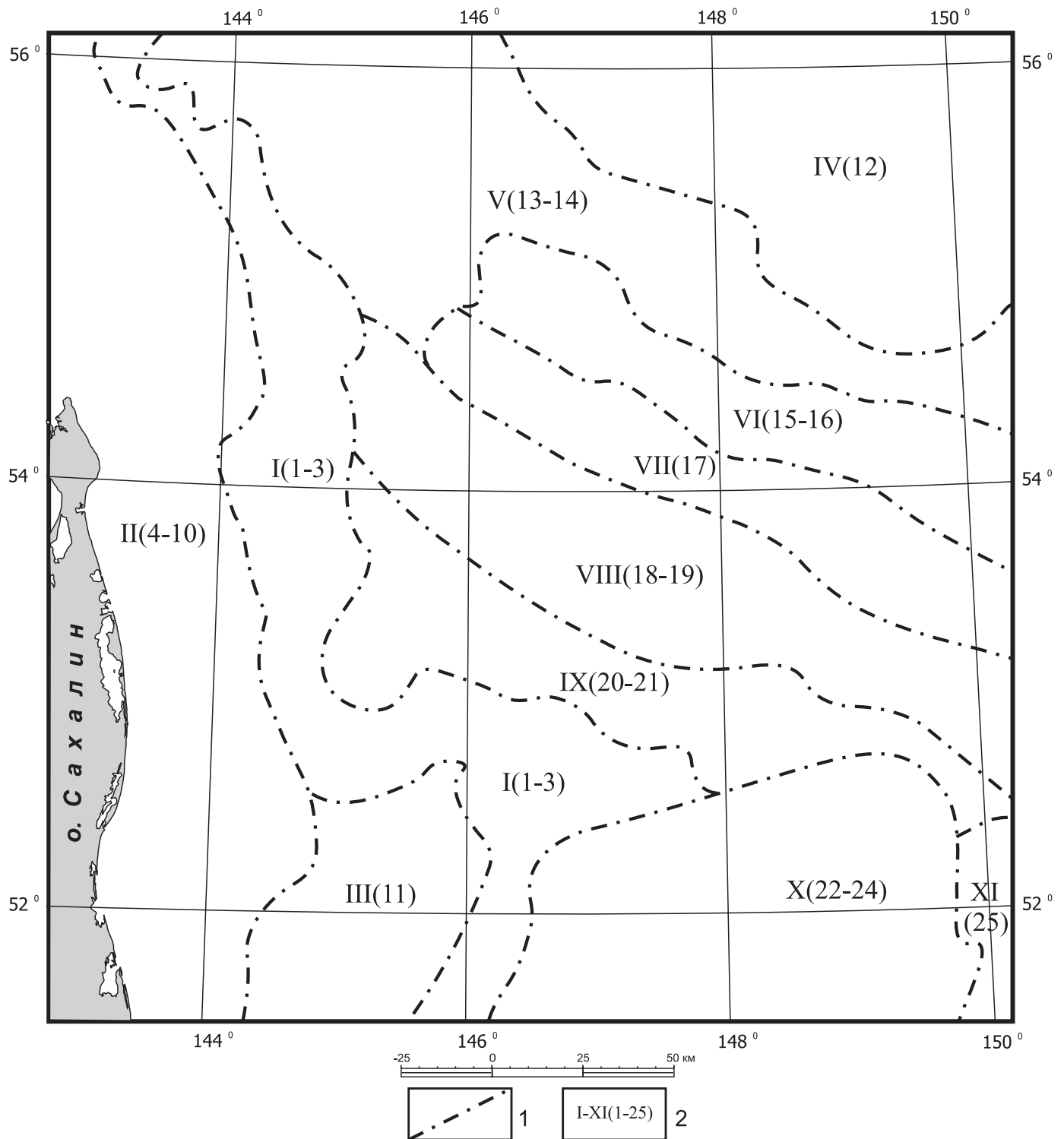


Рис. 4. Схема структурных зон осадочного чехла.

1 – границы структурных зон (условные границы второго типа [Kosygin, 1974]); 2 – I–XI – номера структурных зон, номера 1–25 соответствуют номерам высокопорядковых структурных элементов в пределах структурных зон и на рис. 3, 5–10. **Структурные зоны:** I (1–3) – Восточно-Сахалинская, II (4–10) – Северо-Сахалинская, III (11) – Южно-Дерюгинская, IV (12) – Центрально-Охотская, V (13–14) – Кашеваровская, VI (15–16) – Лебединская, VII (17) – Центральная, VIII (18–19) – Срединно-Охотская, IX (20–21) – Южная, X (22–24) – Института океанологии, XI (25) – Макаровская.

Fig. 4. The scheme showing structural zones of the sedimentary cover of the Deryugin basin area, the Sea of Okhotsk.

1 – boundaries of structural zones (second-type conditional boundaries [Kosygin, 1974]); 2 – numbers of structural zones (I–XI); numbers from 1 to 25 correspond to numbers of high-order structural elements of structural zones and numbers in Figures 3, 5–10. **Structural zones:** I (1–3) – East Sakhalin, II (4–10) – North Sakhalin, III (11) – South Deryugin, IV (12) – Central Okhotsk, V (13–14) – Kashevarov, VI (15–16) – Lebedinskaya, VII (17) – Central, VIII (18–19) – Middle Okhotsk, IX (20–21) – South, X (22–24) – Oceanology Institute, XI (25) – Makarov.

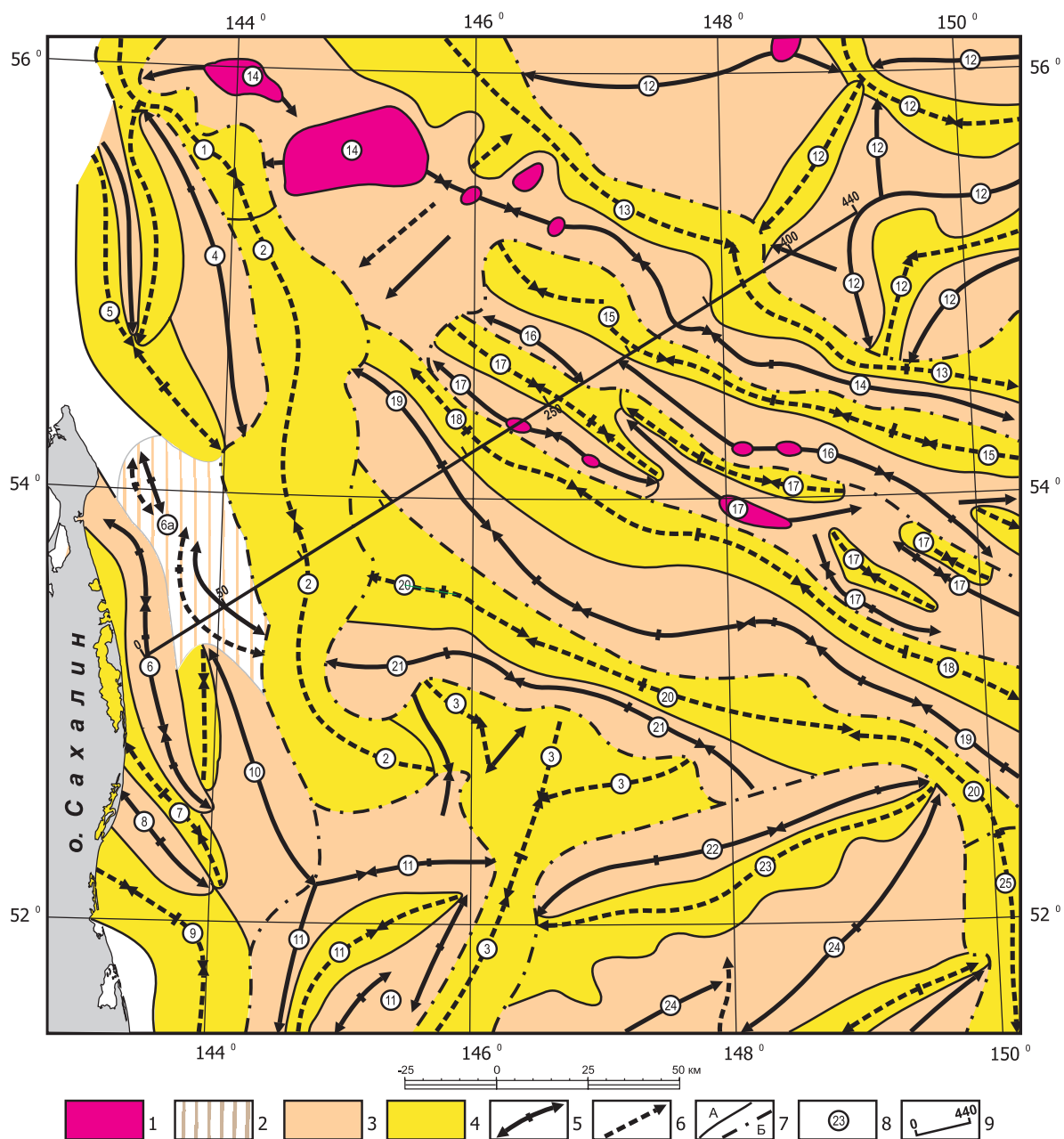


Рис. 5. Карта высокопорядковых структурных элементов осадочного чехла.

1 – выходы акустического фундамента (АФ) на дно моря; 2 – Восточно-Шмидтовская подзона; 3 – относительные поднятия; 4 – относительные прогибы; 5 – оси относительных поднятий; 6 – оси относительных прогибов; 7 – границы высокопорядковых структурных элементов (А) и структурных зон (Б) (условные границы второго типа [Kosygin, 1974]); 8 – номера структурных элементов (соответствуют номерам и названиям на рис. 3, 4, 6–10; названия приведены на рис. 3); 9 – линия сейсмопрофиля № 3 (рис. 6).

Fig. 5. The map showing high-order structural elements in the sedimentary cover of the Deryugin basin area, the Sea of Okhotsk.

1 – sea-floor exposures of the acoustic basement (AB); 2 – East Schmidt subzone; 3 – relative uplifts; 4 – relative troughs; 5 – axes of relative uplifts; 6 – axes of relative troughs; 7 – boundaries of high-order structural elements (A) and structural zones (B) (second-type conditional boundaries [Kosygin, 1974]); 8 – numbers of structural elements (same as in Figures 3, 4, and 6–10); 9 – line of seismic profile 3 (shown in Fig. 6).

ваны на северо-запад, при этом высокопорядковые структурные элементы Лебединской VI (15–16) и Центральной VII (17) зон на их северо-западных окончаниях теряют свое морфологическое выражение (см. рис. 3) и переходят в расширенную северо-западную часть Кашеваровского поднятия (14) (рис. 5). Средин-

но-Охотская VIII (18–19) и Южная IX (20–21) зоны (см. рис. 4) на западе почти под прямым углом ограничиваются Восточно-Сахалинской зоной I (1–3). Три зоны под номерами IV (12), X (22–24) и XI (25) являются лишь частями более крупных по размерам структурных элементов, представляющих соответственно

Центрально-Охотское поднятие, поднятие Института океанологии и Макаровский прогиб [Sergeyev, 2006].

3.3. КАРТА ВЫСОКОПОРЯДКОВЫХ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА

Карта высокопорядковых структурных элементов осадочного чехла (рис. 5) составлена на базе структурно-тектонической карты (см. рис. 3) и представляет в определенной мере схематизированный вариант последней. Поднятия и прогибы на карте ограничиваются условными границами второго типа [Kosygin, 1974]. Проведены также границы структурных зон, оси относительных поднятий и прогибов, показаны выходы акустического фундамента на дно моря.

Прогибы Старицкий (1), Дерюгинский (2) и Северо-Пограничный (3) (рис. 5) входят в состав Восточно-Сахалинской зоны I (1–3) (см. рис. 4). Наибольшая мощность осадочных отложений устанавливается в Дерюгинском прогибе (более 12 км), наименьшая (2 км) – в Старицком, в Северо-Пограничном прогибе мощность осадков достигает 6 км (см. рис. 3). Осевые линии Старицкого (1) и Дерюгинского (2) прогибов ориентированы в северо-западном, меридиональном и юго-восточном направлениях, образуя в целом Z-образную форму. Северо-Пограничный прогиб (3) располагается по отношению к Дерюгинскому прогибу (2) кулисно, образуя правую кулису. На основании этих данных можно предположить, что указанные прогибы сформированы в пределах широкой полосы правого сдвига.

В пределах Северо-Сахалинской зоны II (4–10) (см. рис. 4) выделена Восточно-Шмидтовская подзона (6 а) (рис. 5), в состав которой входят небольшие по размерам и амплитуде поднятия и прогибы, имеющие северо-западную ориентировку (рис. 3, 5). Структурные элементы подзоны располагаются кулисно относительно Восточно-Одоптинского поднятия (10). В целом высокопорядковые структурные элементы 4–10 (рис. 5), входящие в состав Северо-Сахалинской зоны I (4–10) (см. рис. 4), ориентированы преимущественно в северо-западном и, реже, в субмеридиональном направлениях, образуя в южной части зоны отчетливо выраженный левый кулисный ряд, на основании чего можно предположить, что они сформированы в зоне широкого левого сдвига.

Поднятия и прогиб с номерами 11 (рис. 5), входящие в состав Южно-Дерюгинской зоны III (11) (см. рис. 4), ориентированы в северо-восточном и, реже, в субширотном направлениях (рис. 5), причем в юго-восточной части зоны поднятия имеют характер левых кулис.

Разноориентированные поднятия и прогибы под номерами 12 с мощностью осадков до 2 км (рис. 5) входят в состав Центрально-Охотской зоны IV (12) (см. рис. 4). Кашеваровское поднятие (14) и Восточно-Кашеваровский прогиб (13) (рис. 5) входят в состав

Кашеваровской зоны V (см. рис. 4). Мощность осадков в прогибе невелика и обычно составляет не более 2.5 км. Структурные элементы 15 и 16 (рис. 5), входящие в состав Лебединской зоны VI (см. рис. 4), отчетливо ориентированы в северо-западном направлении. В прогибе Лебеда (15) мощность осадков лишь на отдельных участках достигает 2–3 км. Северо-западная часть осевой линии поднятия Лебеда (16) располагается кулисно относительно остальной ее части (правая кулиса) (рис. 5).

Поднятия и прогибы с номерами 17 (рис. 5), входящие в состав Центральной зоны VII (17) (см. рис. 4), ориентированы обычно в северо-западном направлении. На отдельных участках прогибов мощность осадков достигает 4 км. В северо-западной половине зоны поднятия и прогибы располагаются по типу правых кулис (рис. 3, 5).

Структурные элементы 18–19, 20–21 (рис. 5), входящие соответственно в Срединно-Охотскую VIII и Южную IX зоны (см. рис. 4), имеют северо-западную и на отдельных участках субширотную ориентировку. Мощность осадков на отдельных участках прогибов достигает 3–4 км. На рис. 5 отчетливо видно, как северо-западные части структурных элементов 18–21 резко ограничиваются субмеридиональным Дерюгинским прогибом (2) по разломным зонам (см. рис. 3).

Структурные элементы 22–24 (рис. 5), входящие в зону X Института океанологии (см. рис. 4), отчетливо ориентированы в северо-восточном направлении, причем в прогибах мощность осадочных отложений колеблется от 1 до 4 км. Южно-Институтское поднятие (24) состоит из двух частей, расположенных кулисно (левая кулиса), которые разделяются узким меридиональным прогибом.

Основные особенности залегания осадочных образований в районе впадины Дерюгина отражены на схематическом геологическом разрезе по сейсмопрофилю № 3 (рис. 5, 6).

4. ТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ПО СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫМ (ЛИТОФИЗИЧЕСКИМ) ПРИЗНАКАМ

Указанное тектоническое районирование выполнено на основании карты высокопорядковых структурных элементов осадочного чехла (см. рис. 5) и карт литофизических комплексов четырех региональных сейсмостратиграфических комплексов (РССК I-IV) (структурных ярусов), соответствующих следующим временным интервалам: K_2-P_{1-2} ; $P_3-N_1^1$; N_1^{1-2} и $N_1^3-N_2$ (см. рис. 2). В результате составлено четыре карты (рис. 7–10), каждая из которых показывает пространственное соотношение литофизических комплексов соответствующих структурных ярусов (сейсмостратиграфических комплексов) с высокопорядковыми структурными элементами осадочного чехла.

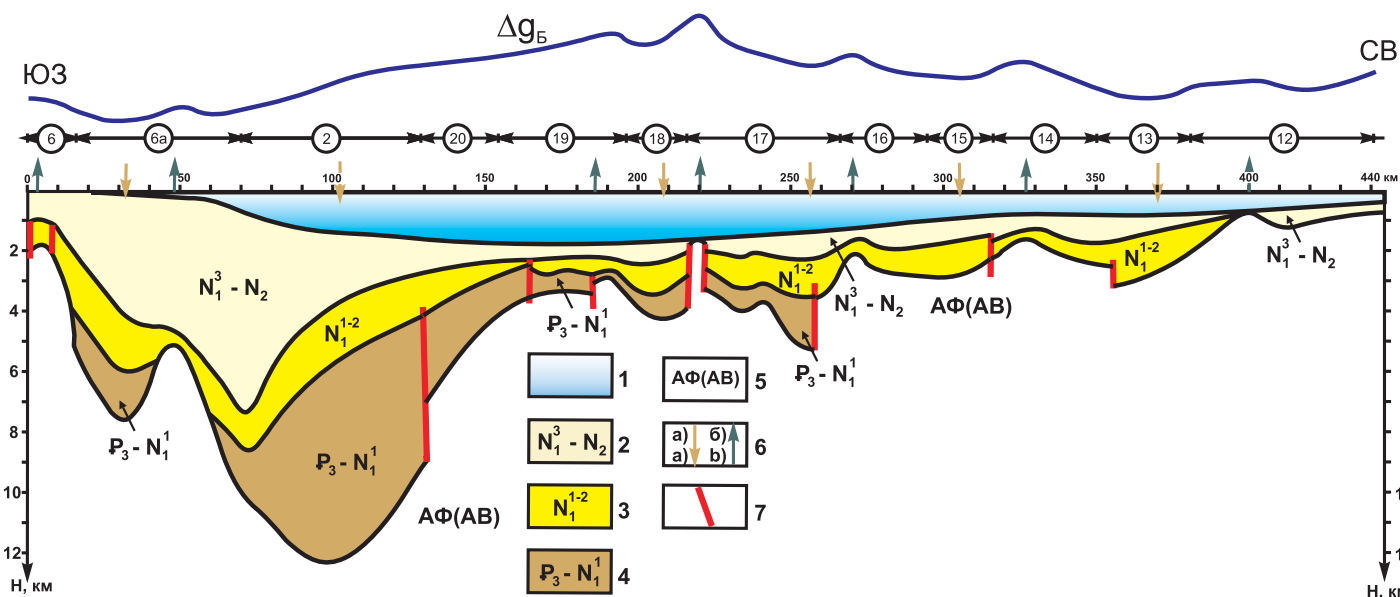


Рис. 6. Схематический геологический разрез по сейсмопрофилю № 3 [Volgin et al., 2011].

1 – водный слой; 2–4 – РССК: 2 – верхнемиоцен-плиоценовый (РССК IV), 3 – нижне-среднемиоценовый (РССК III), 4 – олигоцен-нижнемиоценовый (РССК II); 5 – акустический фундамент (АФ); 6 – оси прогибов (а), оси поднятий (б); 7 – разрывные нарушения. Цифры в кружках – номера структурных элементов (соответствуют номерам на рис. 3–5, 7–10), с Ю-З на С-В: 6 – Шмидтовско-Одоптинское поднятие, 6а – Восточно-Шмидтовская подзона, 2 – Дерюгинский прогиб, 20 – Институтско-Дерюгинский прогиб, 19 – Атласовское поднятие, 18 – Центрально-Охотский прогиб, 17 – поднятия и прогибы Центральной зоны, 16 – поднятие Лебеда, 15 – прогиб Лебеда, 14 – Кашеваровское поднятие, 13 – Восточно-Кашеваровский прогиб, 12 – поднятия и прогибы Центрально-Охотской зоны.

Fig. 6. The schematic geological section along seismic profile 3 [Volgin et al., 2011].

1 – water layer; 2–4 – RSSCs: 2 – Upper Miocene – Pliocene (RSSC IV), 3 – Lower-Middle Miocene (RSSC III), 4 – Oligocene – Lower Miocene (RSSC II); 5 – acoustic basement (AB); 6 – axes of troughs (a) and uplifts (b); 7 – faults. Numbers of structural elements (same as in Figures 3–5, and 7–10) are shown in circles; from SW to NE: 6 – Schmidt-Odoptu uplift, 6a – East Schmidt subzone, 2 – Deryugin trough, 20 – Deryugin Institute trough, 19 – Atlasov uplift, 18 – Central Okhotsk trough, 17 – uplifts and troughs in the Central zone, 16 – Lebed uplift, 15 – Lebed trough, 14 – Kashevarov uplift, 13 – East Kashevarov trough, 12 – uplifts and troughs in the Central Okhotsk zone.

Для примера рассмотрим наличие или отсутствие литофизических комплексов в пределах Дерюгинского прогиба (2) в рамках четырех структурных ярусов (рис. 7–10).

В доолигоценное время (K_2-P_{1-2}) (рис. 7) на большей части территории Дерюгинского прогиба (2) осадочные отложения не накапливались и лишь на небольших участках в южной и северной его частях формировались отложения алеврито-глинисто-песчаного терригенного с углями литофизического комплекса (ЛК), а в крайней северо-западной части прогиба отлагались также породы алеврито-глинисто-кремнистого ЛК.

В олигоцен-нижнемиоценовое время ($P_3-N_1^1$) (см. рис. 8) практически на всей территории Дерюгинского прогиба (2) происходило осадконакопление пород алеврито-глинисто-кремнистого ЛК и лишь в крайней северо-восточной его части на небольшом участке отлагались породы песчано-алеврито-глинистого терригенного ЛК.

В нижне-среднемиоценовое время (N_1^{1-2}) (см. рис. 9) в северной части Дерюгинского прогиба (2) не-

сколько расширилась площадь осадконакопления пород песчано-алеврито-глинистого терригенного ЛК за счет сокращения участка отложений алеврито-глинисто-кремнистого ЛК, породы которого продолжали господствовать на остальной преобладающей части прогиба.

В верхнемиоцен-плиоценовое время ($N_1^3-N_2$) (рис. 10) в северной части прогиба (2) продолжалось увеличение площади осадконакопления пород песчано-алеврито-глинистого терригенного ЛК, тогда как на остальной части прогиба по-прежнему продолжалось формирование отложений алеврито-глинисто-кремнистого ЛК.

Подобным образом можно получать информацию об осадочных образованиях для любого необходимого структурного элемента.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Для района впадины Дерюгина (Охотское море) впервые проведено комплексное тектоническое рай-

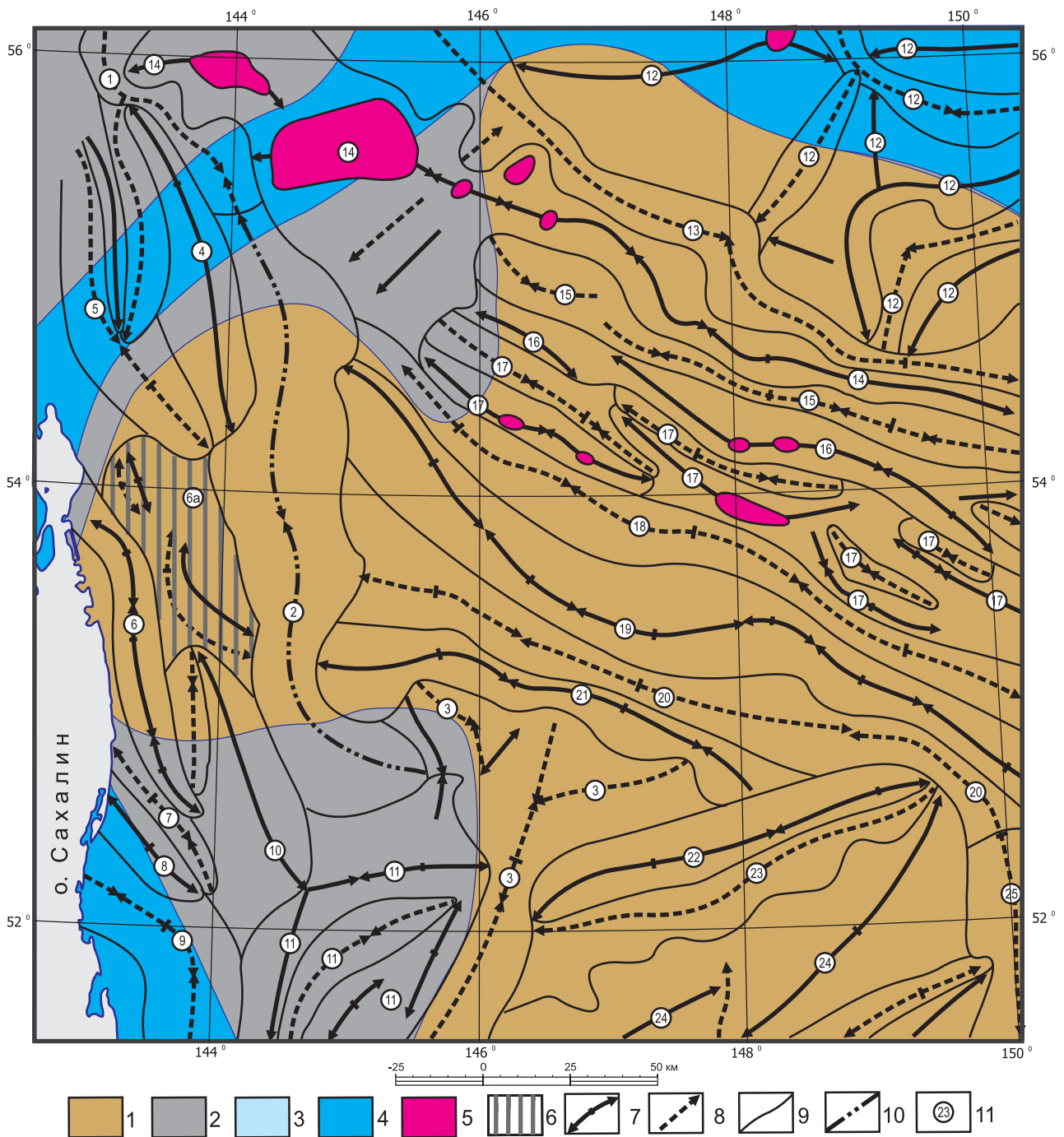


Рис. 7. Карта соотношения литофизических комплексов (ЛК) доолигоценового (K_2-P_{1-2}) сейсмостратиграфического комплекса – РССК I (структурного яруса) (см. рис. 2, А) с высокопорядковыми структурными элементами осадочного чехла района впадины Дерюгина (Охотское море) (см. рис. 5).

1 – область отсутствия отложений (в период K_2-P_{1-2}); 2–4 – литофизические комплексы: 2 – алеврито-глинисто-песчаный терригенный с углями, 3 – песчано-алеврито-глинистый терригенный, 4 – алеврито-глинисто-кремнистый; 5 – выходы акустического фундамента на дно моря (настоящее время); 6 – Восточно-Шмидтовская подзона (6а); 7 – оси относительных поднятий; 8 – оси относительных прогибов; 9 – границы высокопорядковых структурных элементов (условные границы второго типа [Kosygin, 1974]); 10 – осевая линия Дерюгинского прогиба (2); 11 – номера структурных элементов (названия на рис. 3).

Fig. 7. The map of correlations between lithophysical complexes (LC) of the pre-Oligocene (K_2-P_{1-2}) seismo-stratigraphic complex/structural layer (RSSC I) (see Fig. 2, A) and high-order structural elements in the sedimentary cover of the Deryugin basin area, the Sea of Okhotsk (see Fig. 5).

1 – areas barren of sediments (during K_2-P_{1-2}); 2–4 – lithophysical complexes: 2 – silty-clayey-sandy terrigenous with coals, 3 – sandy-silty-clayey terrigenous, 4 – silty-clayey-siliceous; 5 – current seafloor exposures of the acoustic basement; 6 – East Schmidt subsone (6a); 7 – axes of relative uplifts; 8 – axes of relative troughs; 9 – boundaries of high-order structural elements (second-type conditional boundaries [Kosygin, 1974]); 10 – axial line of the Deryugin trough (2); 11 – numbers of structural elements (same as in Fig. 3).

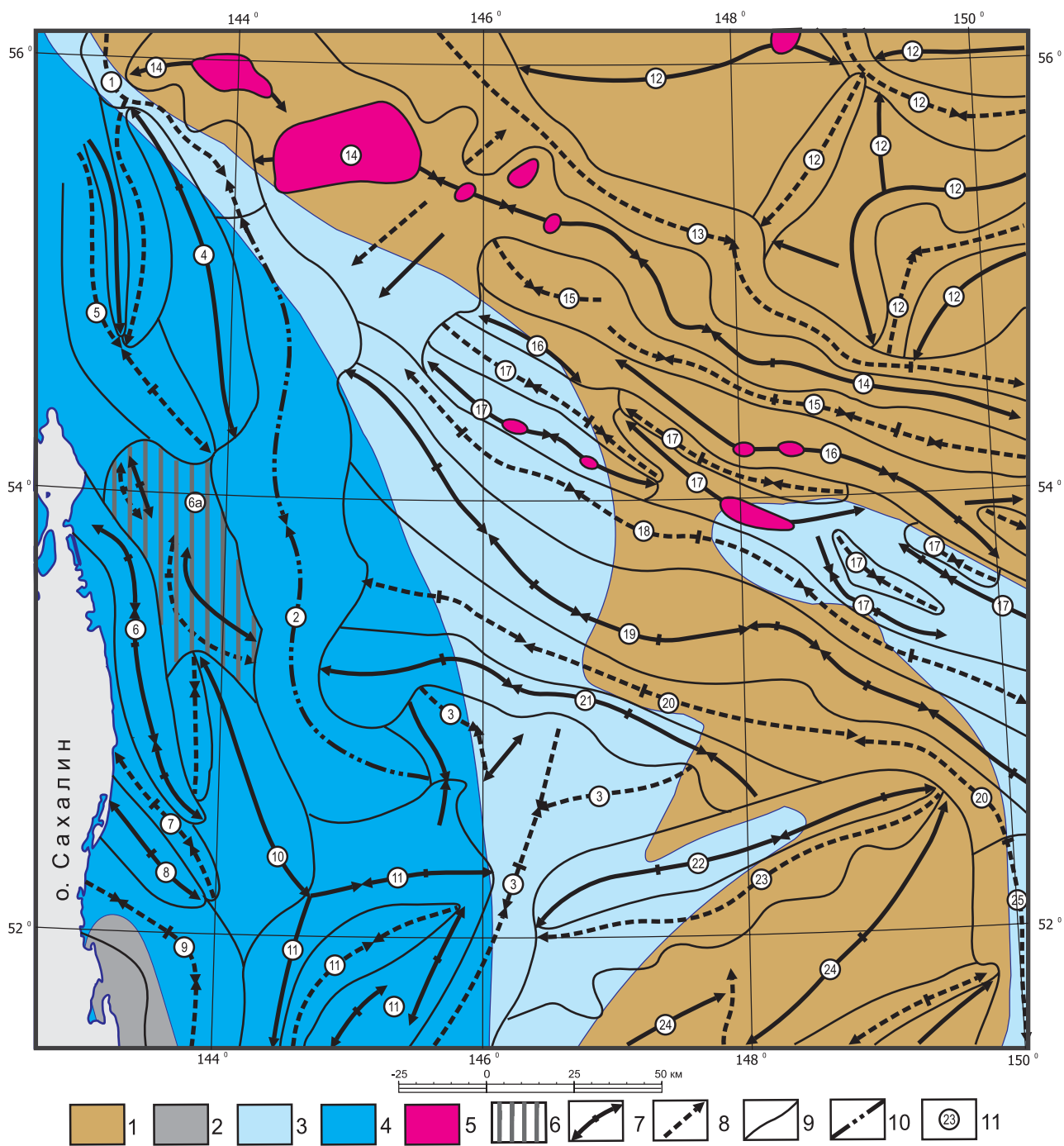


Рис. 8. Карта соотношения литофизических комплексов (ЛК) олигоцен-нижнемиоценового ($P_3-N_1^1$) сейсмостратиграфического комплекса – РССК II (структурного яруса) (см. рис. 2, Б) с высокопорядковыми структурными элементами осадочно-го чехла района впадины Дерюгина (Охотское море).

1 – область отсутствия отложений (в период $P_3-N_1^1$); остальные условные обозначения на рис. 7.

Fig. 8. The map of correlations between lithophysical complexes (LC) of the Oligocene-Lower Miocene ($P_3-N_1^1$) seismostratigraphic complex/structural layer (RSSC II) (see Fig. 2, B) and high-order structural elements in the sedimentary cover of the Deryugin basin area, the Sea of Okhotsk (see Fig. 5).

1 – areas barren of sediments (during $P_3-N_1^1$). The legend is given in Fig. 7.

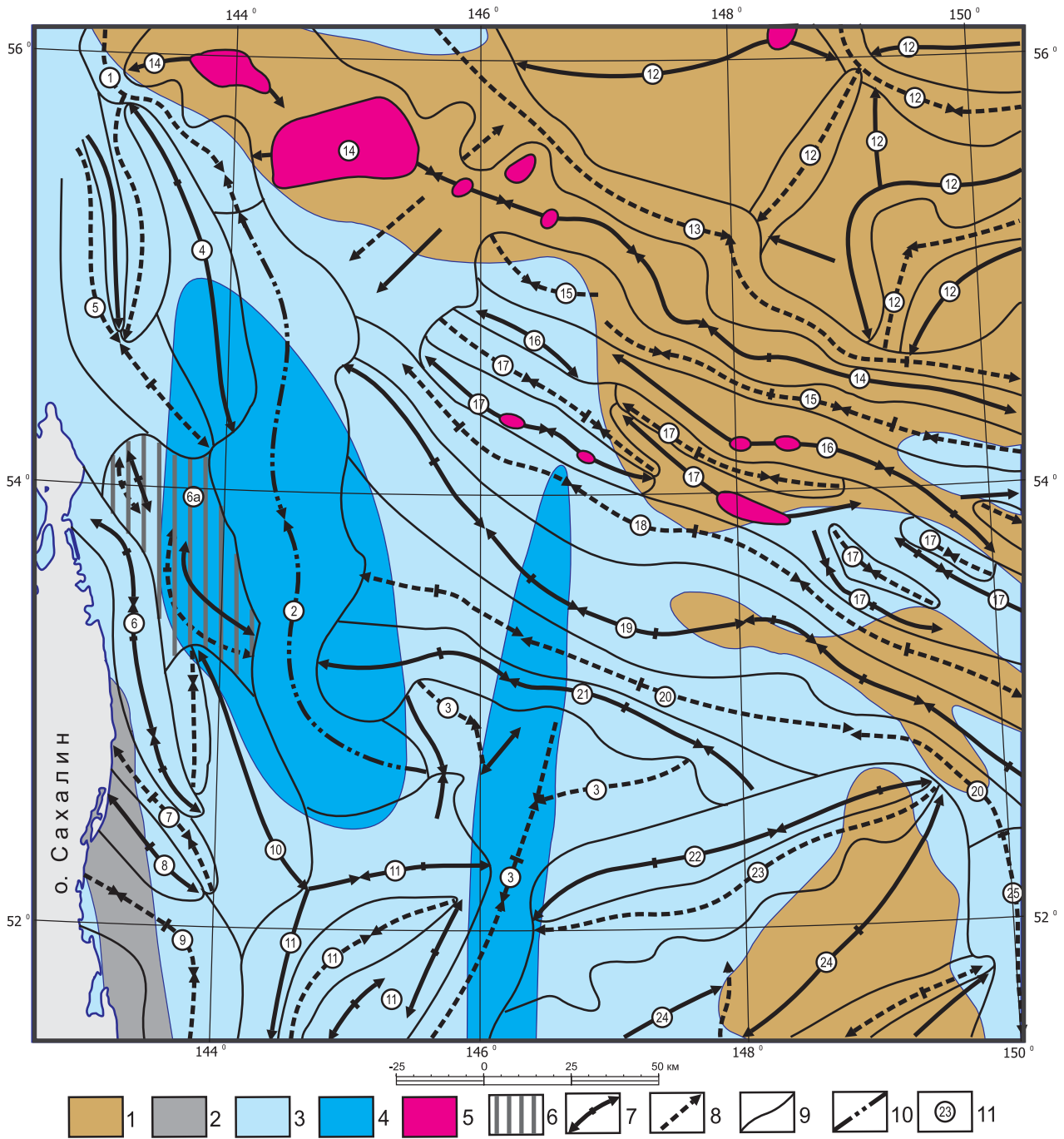


Рис. 9. Карта соотношения литофизических комплексов (ЛК) нижне-среднемиоценового (N_1^{1-2}) сейсмостратиграфического комплекса – РССК III (структурного яруса) (см. рис. 2, В) с высокопорядковыми структурными элементами осадочного чехла района впадины Дерюгина (Охотское море).

1 – область отсутствия отложений (в период N_1^{1-2}); остальные условные обозначения на рис. 7.

Fig. 9. The map of correlations between lithophysical complexes (LC) of the Lower-Mid Miocene (N_1^{1-2}) seismo-stratigraphic complex/structural layer (RSSC III) (see Fig. 2, C) and high-order structural elements in the sedimentary cover of the Deryugin basin area, the Sea of Okhotsk (see Fig. 5).

1 – areas barren of sediments (during N_1^{1-2}). The legend is given in Fig. 7.

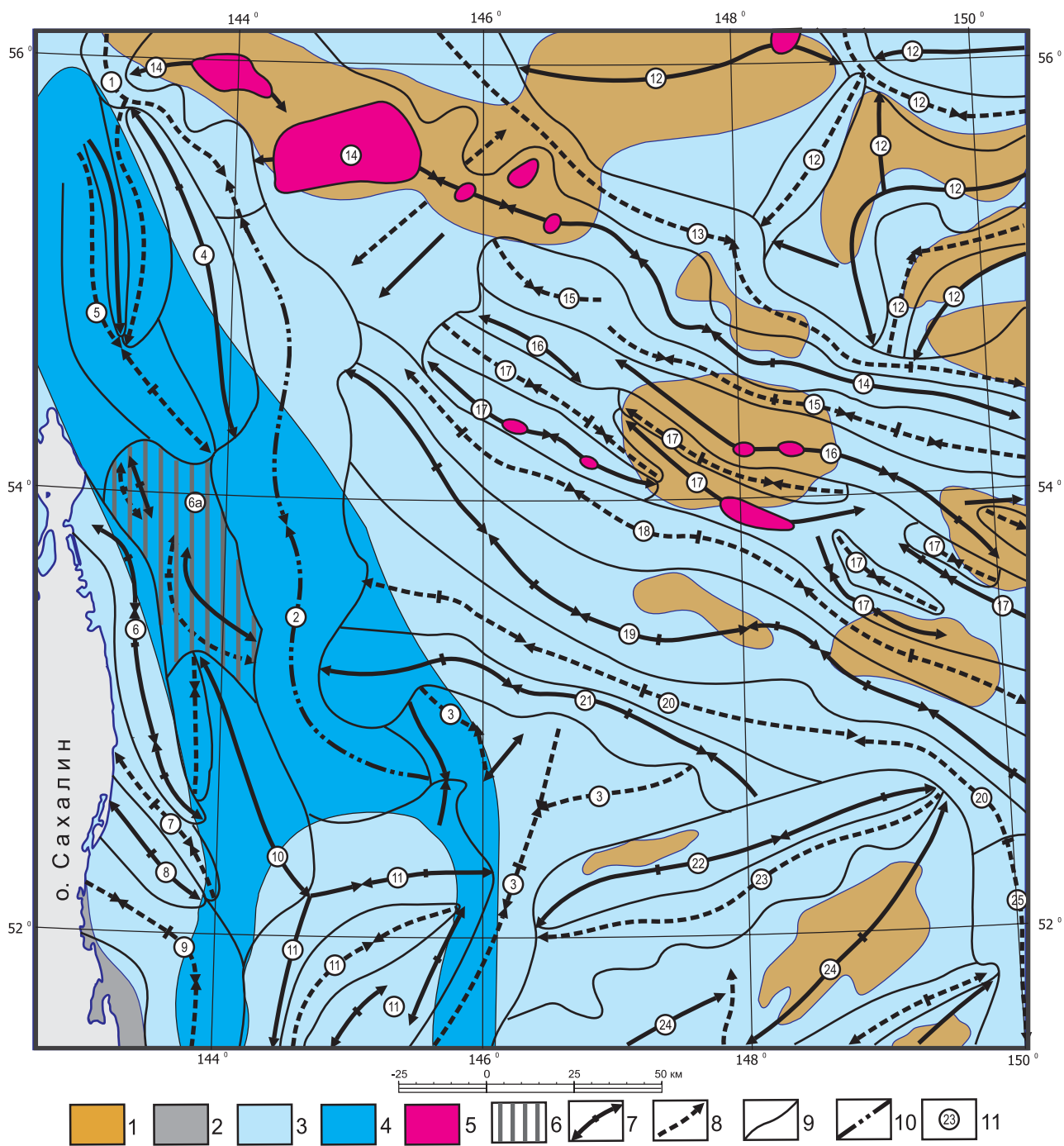


Рис. 10. Карта соотношения литофизических комплексов (ЛК) верхнемиоцен-плиоценового ($N_1^3-N_2$) сейсмостратиграфического комплекса – РССК IV (структурного яруса) (рис. 2, Г) с высокопорядковыми структурными элементами осадочного чехла района впадины Дерюгина (Охотское море).

1 – область отсутствия отложений (в период $N_1^3-N_2$); остальные условные обозначения на рис. 7.

Fig. 10. The map of correlations between lithophysical complexes (LC) of the Upper Miocene – Pliocene ($N_1^3-N_2$) seismo-stratigraphic complex/structural layer (RSSC IV) (see Fig. 2, D) and high-order structural elements in the sedimentary cover of the Deryugin basin area, the Sea of Okhotsk (see Fig. 5).

1 – areas barren of sediments (during $N_1^3-N_2$). The legend is given in Fig. 7.

онирование осадочного чехла по вещественным (литофизическим), структурным и структурно-вещественным (литофизическим) признакам.

2. Тектоническое районирование осадочного чехла по вещественным (литофизическим) признакам выполнено в форме карт литофизических комплексов в рамках четырех региональных сейсмостратиграфических комплексов (РССК I K_2-P_{1-2} , РССК II $P_3-N_1^1$, РССК III N_1^{1-2} , РССК IV $N_1^3-N_2$), которые в тектоническом отношении рассматриваются нами как структурные ярусы, включающие следующие литофизические комплексы (ЛК): 1 – алеврито-глинисто-песчаный терригенный с углями, 2 – песчано-алеврито-глинистый терригенный, 3 – алеврито-глинисто-кремнистый.

3. Тектоническое районирование осадочного чехла по структурным признакам проведено на базе существенно уточненной для района впадины Дерюгина карты мощности осадочного чехла, на основе которой составлена структурно-тектоническая карта, отражающая ориентировку структурных элементов осадочного чехла, их морфологию, мощность осадков и амплитуды относительных поднятий и прогибов. На базе этой карты в зависимости от размеров, пространственного положения и ориентировки структурных элементов проведено их объединение в структурные зоны, включающие более мелкие по размерам структурные эле-

менты в форме относительных поднятий и прогибов.

4. На основании характера структурных рисунков предполагается, что высокопорядковые структурные элементы, ориентированные в северо-западном и субмеридиональном направлениях, образуют правый кулисный ряд (1–3, 16, 17), а также нередко они формируют левый кулисный ряд (6а–10, 6–9). Структурные элементы северо-восточной ориентировки иногда образуют левый кулисный ряд (Южно-Институтское поднятие (24), поднятие в пределах юго-восточной части Южно-Дерюгинской зоны (11)).

5. Тектоническое районирование осадочного чехла по структурно-вещественным (литофизическим) признакам выполнено на основании карт литофизических комплексов четырех региональных сейсмостратиграфических комплексов (структурных ярусов) и карты высокопорядковых структурных элементов осадочного чехла.

6. Составленные тектонические карты имеют важное значение для выявления закономерностей распределения рудных полезных ископаемых, нефте- и газопроявлений, а также для характеристики выделенных ОПБ. Тектонические карты могут дать необходимую информацию как о пространственном распределении различных вещественных комплексов в рамках ОПБ, так и о их тектонической структуре.

6. ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Astakhov A.S., Gorbarenko S.A., Bakhareva G.A., Gretskeya E.V., Sattarova V.V., 2005. Distribution and accumulation rate of Ore Elements in Holocene and Late Glacial Sediments of the Deryugin basin, Sea of Okhotsk. *Lithology and Mineral Resources* 40 (2), 97–113.
- Astakhov A.S., Wallmann K., Ivanov M.V., Kolesov G.M., Sattarova V.V., 2007. Distribution and accumulation rate of Hg in the Upper Quaternary sediments of the Deryugin basin, Sea of Okhotsk. *Geochemistry International* 45 (1), 47–61. <http://dx.doi.org/10.1134/S0016702907010041>.
- Astakhova N.V., Sattarova V.V., 2005. Geochemistry of the ferromanganese nodules in the central part of the Sea of Okhotsk. *Vulkanologiya i Seismologiya (Journal of Volcanology and Seismology)* 3, 29–33 (in Russian) [Астахова Н.В., Самтарова В.В. Геохимия железомарганцевых образований центральной части Охотского моря // *Вулканология и сейсмология*. 2005. № 3. С. 29–33].
- Astakhova N.V., Sorochinskaya A.V., 2001. Hydrothermal formations in the Deryugin basin sediments of the Sea of Okhotsk. *Oceanology* 41 (3), 429–437.
- Kosygin Yu.A., 1974. Principles of Tectonics. Nedra, Moscow, 216 p. (in Russian) [Косыгин Ю.А. Основы тектоники. Москва: Недра, 1974. 216 с.].
- Kulinich R.G., Obzhirov A.I., 2003. Barite-carbonate mineralization, methane anomalies, and geophysical fields in the Deryugin basin, the Sea of Okhotsk. *Tikhookeanskaya geologiya (Journal of Pacific Geology)* 22 (4), 35–40 (in Russian) [Кулинич Р.Г., Обжиров А.И. Барит-карбонатная минерализация, аномалии метана и геофизические поля во впадине Дерюгина (Охотское море) // *Тихоокеанская геология*. 2003. Т. 22. № 4. С. 35–40].
- Obzhirov A.I., Astakhova N.V., Lipkina M.I., Vereshchagina O.F., Mishukova G.I., Sorochinskaya A.V., Yugai I.G., 1999. Gas-Geochemical Zoning and Mineral Associations of the Sea of Okhotsk Floor. Dal'nauka, Vladivostok, 184 p. (in Russian) [Обжиров А.И., Астахова Н.В., Липкина М.И., Верещагина О.Ф., Мишукова Г.И., Сорочинская А.В., Югай И.Г. Газогеохимическое районирование и минеральные ассоциации дна Охотского моря. Владивосток: Дальнаука, 1999. 184 с.].
- Sergeyev K.F., 2006. Tectonic Zoning and Hydrocarbon Potential of the Okhotsk Sea. Nauka, Moscow, 130 p. (in Russian) [Сергеев К.Ф. Тектоническое районирование и углеводородный потенциал Охотского моря. М.: Наука, 2006. 130 с.].
- Volgin P.F., Semakin V.P., Kochergin A.V., 2011. Structural elements of the sedimentary cover in the Deryugin basin of the Sea of Okhotsk. *Russian Journal of Pacific Geology* 5 (5), 380–386. <http://dx.doi.org/10.1134/S1819714011050113>.



Семакин Виктор Петрович, с.н.с., лаб. геодинамики
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН
693022, Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1 Б, Россия
Тел.: (4242)793115; ✉ e-mail: veselov@imgg.ru

Semakin, Viktor P., Senior Researcher, Lab. of Geodynamics
Institute of Marine Geology and Geophysics, Far East Branch of RAS
1 B Nauki street, Yuzhno-Sakhalinsk 693022, Russia
Tel.: (4242)793115, ✉ e-mail: veselov@imgg.ru



Кочергин Альберт Васильевич, канд. физ.-мат. наук, с.н.с., лаб. геодинамики
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН
693022, Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1 Б, Россия
Тел.: (4242)793115; e-mail: kochav@imgg.ru

Kochergin, Albert V., Candidate of Physics and Mathematics, Senior Researcher, Lab. of Geodynamics
Institute of Marine Geology and Geophysics, Far East Branch of RAS
1 B Nauki street, Yuzhno-Sakhalinsk 693022, Russia
Tel.: (4242)793115; e-mail: kochav@imgg.ru