

Л.А. ИЗОСОВ, Н.П. КУЛЬКОВ

Геология раннего–среднего палеозоя Япономорской зоны перехода континент–океан (обзор). Ч. 1

На основании обширного, в значительной мере оригинального материала впервые проведена корреляция нижнесреднепалеозойских стратиграфических подразделений местного ранга различных регионов Япономорской зоны перехода континент–океан (ЯЗ): российское Приморье, Северо-Восточный Китай, Корея, Япономорская впадина, Японские острова. Необходимость проведения данного исследования обусловлена прежде всего тем, что накопленные к настоящему времени многочисленные данные по стратиграфии и литологии нижнего и среднего палеозоя различных регионов Япономорской зоны (особенно это относится к Приморью), по существу, остаются неувязанными. Кроме того, выделены стратифицирующиеся и нестратифицирующиеся магматические комплексы этих возрастов, представляющие собой вулканические, субвулканические, вулканоплутонические и плутонические образования. Таким образом, в работе использованы элементы формационного анализа, разработанного Н.С. Шатским и Н.П. Херасковым. В структурах, наложенных на докембрийские массивы, рассматриваемые отложения обычно хорошо прослеживаются по латерали, в то время как в полициклических подвижных поясах они залегают часто в виде олистолитов в мезозойских микститах или крупных ксенолитов в разновозрастных гранитоидах, что создает значительные трудности при их картировании и корреляции. Субмаринные ордовикские, силурийские и девонские отложения ЯЗ накапливались в сходной палеогеографической обстановке практически в одних и тех же седиментационных бассейнах, которые соединялись с центрально-азиатскими, приохотскими и австралийскими морями. Континентальные осадки исследованной территории представлены девонскими толщами, включающими многочисленные растительные остатки, широко распространенные также в Центральном Казахстане, Западной Сибири, Приохотье и Южном Китае. В результате проявления Японского окраинного моря нижне- и среднепалеозойские отложения в ЯЗ во многих случаях были сильно дислоцированы и хорошо сохранились в основном в пределах остаточных докембрийских массивов.

Ключевые слова: ордовик, силур, девон, Япономорская зона перехода континент–океан.

Early – Middle Paleozoic geology of the Japan Sea Continent – Ocean Transition Zone (review). Pt 1.
L.A. IZOSOV (V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok), N.P. KULKOV (Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk).

On the basis of extensive, to a large extent, the original material a correlation of the Lower – Middle Paleozoic local-rank stratigraphic divisions of various of the Japan Sea Continent – Ocean Transition Zone (OZ). The Russian Primorye, Northeast China, Korea, the Japan Sea Depression, Japan Islands – correlation is carried out for the first time. The need for this study is primarily due to the fact that the accumulated to date, numerous data on stratigraphy and lithology of the Lower and Middle Paleozoic regions of the Japan Sea zone (especially in Primorye), in fact, remain not linked.

*ИЗОСОВ Леонид Александрович – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток), КУЛЬКОВ Николай Петрович – доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник (Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск). *E-mail: donkifa@mail.ru

Работа выполнена по программе ФНИ ТОИ ДВО РАН (тема 0271-2019-0005) и при финансовой поддержке Комплексной программы ДВО РАН «Дальний Восток» на 2018–2020 годы (проект № 18-1-008).

In addition, the stratified and non-stratified magmatic complexes of these ages, representing volcanic, subvolcanic, volcano-plutonic and plutonic generations are allocated. Thus, elements of the formational analysis, developed by N.S. Shatsky and N.P. Heraskov are used in the work. In the structures superimposed on Precambrian Massifs, considered sediments are usually well traced along the strike, while in Polycyclic Mobile Belts they lie down often in the form of olistoliths in Mesozoic mixites or in large xenoliths in uneven-age granites, that creates considerable difficulties at their mapping and correlations. Submarine Ordovician, Silurian and Devonian sediments of JZ accumulated in similar paleogeographic conditions, practically in the same sediment basins, which incorporated to the Central-Asian Sea, the Sea of Okhotsk and the Australian Sea. Continental deposits of the investigated territory are presented by the Devonian strata, including the numerous vegetative remnants, widespread as well in the Central Kazakhstan, Western Siberia, Okhotsk Region and in Southern China. As a result of the display of intensive Mesozoic-Cenozoic tectonic genesis and tectonic opening of the margin Japan Sea, Lower and Middle Paleozoic sediments in JZ in many cases have been strongly dislocated and have well remained, basically, within residual Precambrian Massifs.

Key words: Ordovician, Silurian, Devonian, Japan Sea Continent – Ocean Transition Zone.

Введение

В предлагаемой статье впервые проведена корреляция ордовикских, силурийских и девонских стратиграфических подразделений местного ранга, а также нерасчлененных кембрийско-ордовикских отложений различных регионов Япономорской зоны перехода континент–океан (ЯЗ). Выделены стратифицирующиеся и нестратифицирующиеся магматические комплексы этих возрастов, представляющие собой вулканические, субвулканические, вулканоплутонические и плутонические образования.

ЯЗ представляет значительный интерес для исследователей геологии и тектоники Восточной Азии, поскольку в ней сочленяются Китайская платформа и Тихоокеанский складчатый пояс [28] (российское Приморье, Северо-Восточный Китай, Корея, Япономорская впадина, Японские острова). Раннесреднепалеозойские образования формировались в различных геодинамических обстановках, фиксирующих важнейшие этапы геологической истории данного региона. Так, в структурах, наложенных на докембрийские массивы, отложения этого возраста обычно хорошо прослеживаются по латерали, в то время как в полициклических подвижных поясах они залегают часто в виде олистолитов в мезозойских микститах или крупных ксенолитов в разновозрастных гранитоидах, что создает значительные трудности при их картировании и корреляции. Известны многочисленные случаи нахождения палеонтологически охарактеризованных отложений этого возраста в виде тектонических пластин и блоков в юрско-раннемеловых олистостромах, развитых в покровно-складчатых системах и зонах [8, 16, 41].

Морские ордовикские, силурийские и девонские отложения ЯЗ накапливались в сходных палеогеографических обстановках – практически в одних и тех же седиментационных бассейнах, которые соединялись с центрально-азиатскими, приохотскими и австралийскими морями. Континентальные осадки исследованной территории представлены девонскими толщами, включающими многочисленные растительные остатки, широко распространенные также и в Центральном Казахстане, Западной Сибири, Приохотье и Южном Китае. В процессе развития в Восточной Азии и Австралии интенсивного мезозойского–кайнозойского тектогенеза и раскрытия Японского окраинного моря ниже- и среднепалеозойские отложения в ЯЗ во многих случаях были сильно дислоцированы и хорошо сохранились в основном в пределах остаточных докембрийских массивов.

Следует подчеркнуть, что при работе со стратиграфическими материалами приходилось учитывать то, что в Японии, Южной Корее и Китае – по американскому образцу – для местных стратиграфических подразделений используются термины: 1) formation, 2) suite, 3) strata, 4) group, 5) series, которые обычно соответствуют отечественным «свита» (1, 2), «толща» (термин свободного пользования) (3), «серия» (4, 5).

В связи с тем что авторы при работе над рассматриваемой проблемой привлекли огромный фактический материал, возникла необходимость изложить полученные данные в двух статьях. В первой излагаются цели и задачи исследований, а также обсуждаются их основные результаты. Вторая, которую также планируется опубликовать в журнале

«Вестник ДВО РАН», посвящается детальному описанию разрезов нижнего–среднего палеозоя ЯЗ, что будет интересно исследователям региональной стратиграфии Западно-Тихоокеанского региона.

Цели и задачи

Целью настоящего исследования является обобщение фундаментальных данных по геологии нижнего–среднего палеозоя ЯЗ, в пределах которой выделяются дорифейские параплатформы и их фрагменты, спаянные полициклическими мобильными зонами [16]. Эти тектонические элементы разграничены региональными разломными системами близширотного («азиатского») и северо-восточного («тихоокеанского») направлений (см. рисунок).

Задачи, которые необходимо было решить, включали в первую очередь четкую корреляцию стратиграфических подразделений нижнего–среднего палеозоя в следующих регионах ЯЗ: российское Приморье, Северо-Восточный Китай, Корейский полуостров, Япономорская впадина и Японские острова. Кроме того, нужно было увязать между собой раннесреднепалеозойские нестратифицирующиеся образования этих регионов для получения полной картины геологического развития ЯЗ.

Исходные материалы и методы исследований

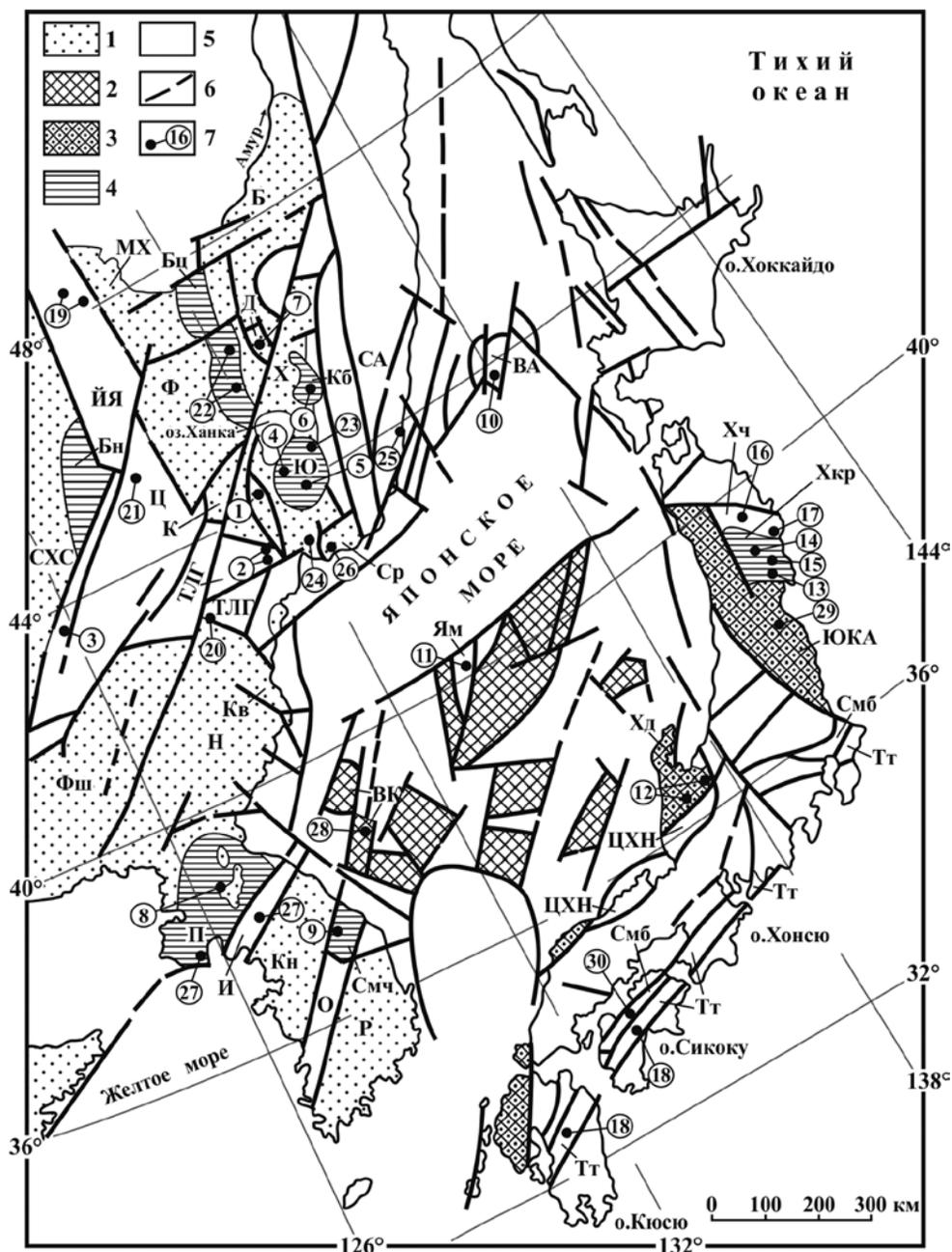
Для решения поставленных задач авторы применили комплексный подход к исследованию многочисленных и разнообразных исходных материалов по геологии ЯЗ. Основным методическим приемом в данном исследовании было проведение межрегиональной корреляции разрезов ордовикских, силурийских и девонских отложений в пределах ЯЗ, а также связанных с ними разновозрастных нестратифицирующихся магматических образований. Таким образом, в работе использованы элементы широко известного в российской геологической науке формационного анализа, разработанного Н.С. Шатским и Н.П. Херасковым.

Этот метод исследований показал, что ранне- и среднепалеозойские комплексы, включающие стратифицирующиеся и нестратифицирующиеся образования, в ЯЗ слагают: 1) чехол и наложенные структуры дорифейских кристаллических сооружений, 2) рифтогенные зоны [8, 14, 16, 18]. В первом случае они представлены континентальными и мелководными морскими терригенными, часто слабоугленосными и терригенно-карбонатными, терригенно-вулканогенными и вулканогенными формациями, а во втором – глубоководными морскими и океаническими кремнисто-карбонатно-вулканогенными (базитовыми и базит-гипербазитовыми) ассоциациями. Наложённые структуры (центрального типа) представляют собой связанные взаимными переходами осадочные и вулканогенно-осадочные прогибы, изометрические многокольцевые вулканотектонические депрессии, входящие в состав вулканогенных окраинно-континентальных поясов, которые маркируют палеозоны перехода континент–океан [7, 13, 16, 19].

Для всех них характерны германотипные тектонические структуры (по Г. Штилле), представленные брахиформными, коробчатыми и другими складками штампового типа. В рифтогенных зонах длительного развития, как правило, представляющих собой альпинотипы, силурийские и девонские отложения вместе с более древними и молодыми породами смяты в изоклиналильные складки и формируют чешуйчато-надвиговые структуры, а также тектонические покровы.

ЯЗ в раннем палеозое большей частью развивалась в режиме карбонатной платформы, хотя в ее пределах и функционировали рифтогенные зоны [14]. В среднем палеозое она входила в состав Западно-Тихоокеанской активной континентальной окраины, протягивавшейся от Чукотки до о-ва Тасмания [8, 16].

В ордовике в Корее, Японии и Северо-Восточном Китае на обширных территориях накопились мощные терригенно-карбонатные формации, в которых господствуют известняки и доломиты [32, 34]. Однако в отдельных ее районах проявились процессы активизации – заложилась и развивались рифтогенные зоны, вулканогенно-осадочные прогибы и наложенные впадины, выполненные индикаторными формациями: офиолитовой, кимберлитовидной, спилит-кератофировой и молассовой [13, 16, 31, 32, 39]. В это же время происходило становление огромных массивов гранитоидных батолитов, с которым связывается общее воздымание Китайской платформы [1]. То есть ордовик знаменует собой, во-первых, этап окончательной консолидации Китайской платформы, а во-вторых, один из начальных этапов ее раздробления и распада, достигшего своего апогея в среднем палеозое [3, 28].



Наиболее представительная океаническая рифтогенная зона описана в Японии, где в северной части докембрийского массива Южный Китаками выделяется тектонический пояс Хаячине с ярко выраженной альпинотипной структурой, в котором развит одноименный офиолитовый комплекс раннесреднеордовикского возраста [31, 39]. С докембрийскими породами (метаморфитами серии Хасаденайгава) офиолиты контактируют по разломам.

В Северо-Восточном Китае известны [39] ордовикские штоки и дайки базит-гипербазитов, представляющие 1-ю фазу позднекаледонского интрузивного комплекса и фиксирующие узкую континентальную рифтогенную зону. Приблизительно в это же время – в кембрии–ордовике – там начала развиваться Цзилинь-Хэйлуцзянская подвижная область, в которой накапливались вулканогенные толщи среднего–основного и кислого состава с изотопным возрастом 542 ± 16 млн лет. Китайские геологи рассматривают эти магматиты как океанические и островодужные образования. В позднем ордовике магматический очаг мигрировал в верхние части сиалической коры, и в результате образовались гранитоидные батолиты.

Возможно, уже в позднем ордовике сформировались базит-гипербазитовые дайки, секущие позднекембрийские граниты, и габброиды с ксенолитами перидотитов Вознесенского района Приморья, что свидетельствует о наличии здесь крупной глубинной очаговой зоны основного состава [13, 16]. Можно полагать, что в Приморье, судя по незначительным масштабам проявления базит-гипербазитового магматизма и его характерному структурному контролю (зона глубинного разлома), рифтогенез с разрывом континентальной коры в ордовике развивался слабо. В то же время в этом регионе активно проявились орогенические движения, в результате которых накопилась мощная (4310 м) ордовик-силурийская моласса (даубихезская свита) и заложилась протяженные рифты, активно функционировавшие в раннем силуре.

Главным событием ордовикского времени в ЯЗ, несомненно, является становление гранитных батолитов, которые выявлены во всех ее регионах в пределах докембрийских блоков. В Приморье развитию батолитового магматизма предшествовало проявление позднекембрийского вулканоплутонического комплекса, включающего ультракислые



Схема размещения нижнесреднепалеозойских отложений и нестратифицирующихся образований в Япономорской зоне перехода континент–океан.

1–3 – докембрийские структуры: 1 – структуры континентального обрамления Японского моря: Сингай–Бурей блокный регион (массивы Сяо Хинганлинг–Сонгнен (СХС), Малохинганский (МХ), Буреинский (Б), Фэншуйлинский (Ф), Ханкайский (Х), Кэнтэйский, или Лаоэлинский (К), и Дахэчжэньский (Д)), Сино-Корейская параплатформа (массивы Фушуньский (ФШ), Кванмоский (Кв), Наннимский (Н) и, предположительно, Сергеевский (Ср)), параплатформа Янцзы (массивы Кенгийский (Кн) и Реннамский, или Собэксанский (Р)); 2 – блоки Япономорской впадины, в том числе Восточно-Корейский (ВК), предположительно относящиеся к параплатформе Янцзы; 3 – массивы Японских островов, относящиеся к параплатформе Янцзы: Южный Китаками–Абукума (ЮКА), Хида (Хд);

4 – наложенные структуры: прогибы Кабаргинский (Кб), Пхеннамский (П), Самчхокский (Смч), Хикорончи (Хкр), Южно-Синегорская впадина (Ю), глыбово-складчатые пояса Баоцинский (Бц) и Биндонгский (Бн);

5 – полициклические покровно-складчатые системы и зоны: каледонско-яньшаньские: Йичун–Яньшоу (ЙЯ), Цзилинь-Хэйлуцзянская с зонами Цзилиньской (Ц) и Туманган-Лаоэлин-Гродековской, или Яньбяньской (ТЛГ), возвышенности Витязя–Алпатова (ВА) и Ямато (Ям); яньшаньская Сихотэ-Алинская (СА); Корейская с зонами индосинийской Имджинганской (И) и раннеяньшаньской Окчхонской (О); Японская с зонами каледонской Циркум-Хида–Нагато (ЦХН), раннеяньшаньскими, в том числе Самбагава (Смб) и Титибу (Тт), и офиолитовой зоной Хаячине (Хч);

6 – главные разломы, установленные и предполагаемые;

7 – номера разрезов нижнесреднепалеозойских отложений: Кордонка (1), Шифень–Гаошань (2), Жангцзиатунь–Эрдаогоу (3), Малые Ключи (4), Синегорье (5), Кабарга (6), Дахэчжэнь (7), Коксан–Волянгри (8), Хэдонгри (9), возвышенности Витязя–Алпатова (10), Ямато (11), Хитоегане и Кийоми-Фукудзи (12), Нагасака (13), Сетаман (14), Хикорончи (15), Хаячине (16) Камаиши (17); Гион-яма–Йококура-яма (18), Йичун–Яньшоу (19), Ляонин (20), Цзилинь (21), Хэйтай (22), Озерное (23), Артем (24), Фудинов Камень (25), Находка (26), Имджинган (27), Восточно-Корейский (28), Сома (29), Самбагава (30)

литий-фтористые граниты повышенной калиевоности, образовавшиеся в геодинамической обстановке «рассеянного рифта» и относящиеся к типу магматитов «горячих точек» [8, 13, 16]. До этого – в раннем–среднем кембрии – там началась активизация тектонических движений, о чем свидетельствует появление молассовой формации – меркушевской свиты [21]. Поэтому можно полагать, что в раннем палеозое (скорее всего, в среднем–позднем кембрии) здесь произошло заложение мощных мантийных магматических очагов длительного развития. В период становления ордовикских батолитов (гранитно-гнейсовых куполов) произошла консолидация дорифейского Ханкайского массива. В результате этих событий рассматриваемый регион приобрел жесткость, необходимую для развития в раннем силуре интенсивного рифтообразования. В Северо-Восточном Китае известны верхнеордовикские покровы вулканитов среднего и кислого состава, залегающие в фаунистически охарактеризованной свите Шифень. То есть в данном случае мы, возможно, имеем дело с вулканоплутоническими образованиями [8, 16].

Существуют палеомагнитные, биогеографические и другие данные [37], интерпретируемые в том смысле, что остаточные массивы многократно активизированной Китайской платформы [28] входили в состав литосферной плиты Кула, являющейся частью Гондваны. Так, на основании анализа данных палеомагнитных исследований и исходя из сходства комплексов трилобитов и проявлений фосфатов предполагается, что в раннем кембрии блок Янцзы составлял единое целое с Австралийским континентом. В результате развития рифтинга плита Кула откололась от Гондваны и дрейфовала в позднем палеозое–мезозое в северном направлении, пока не столкнулась с Сибирской платформой. При этом локальные блоки стали отделяться от нее уже в ордовике (или ордовике–силуре).

В результате интенсивного проявления мезозойских (индосинийских, яньшаньских) и кайнозойских (гималайских) тектонических движений на востоке Азии среднепалеозойские сооружения в ЯЗ были деформированы, расчленены и в ряде случаев перемещены на значительные расстояния [16, 31, 41]. Особенно крупные горизонтальные перемещения испытали блоки докембрийского фундамента при раскрытии в миоцене Японского окраинного моря. В современной диспозиции они выступают на подводных возвышенностях Япономорской впадины и на Японских островах и представляют собой комплекс основания данного фрагмента Западно-Тихоокеанской зоны перехода континент–океан [28].

В свое время нами были поддержаны [8] представления ряда исследователей о наличии северного дрейфа крупных тектонических масс, приведших к распаду Гондваны и аккреции Азии. Наиболее оптимальной тектонической концепцией, объясняющей данный феномен, по мнению авторов [25], является парадигма тектонической расслоенности литосферы. Во время проявления мощного гималайского тектогенеза произошла дезинтеграция выходов ниже- и среднепалеозойских образований, которые более или менее хорошо сохранились в пределах крупных докембрийских кристаллических массивов.

При исследовании ордовикских, силурийских и девонских отложений в ЯЗ авторам пришлось иметь дело в основном со стратонами местного ранга. Существуют определенные трудности при корреляции местных схем расчленения палеозойских отложений юга Дальнего Востока России с ярусами общей стратиграфической шкалы, хотя они и проводились многочисленными российскими и зарубежными исследователями [2, 3, 10, 12, 16, 20, 26, 32–34, 36, 38, 39].

Известно, что стратотипы ярусов палеозоя установлены в Западной Европе, и характеризующие их биоты принадлежат иным, чем в ЯЗ, биогеографическим общностям, поэтому такие корреляции являются предварительными и в значительной мере условными. Как отмечает Е.А. Ёлкин [4], биохронологические функции тех или иных групп фауны и флоры в значительной степени различаются. Межрегиональные корреляции могут быть надежно обеспечены в основном пелагическими организмами, а для сопоставления местных стратиграфических схем важны бентосные формы. Так, базовыми группами фауны для установления стандартных стратиграфических границ в ордовике и силуре являются

граптолиты, приуроченные к определенным фациям; в девонском интервале большую роль играют конодонты, у которых достаточно резко выражены биофациальные различия ассоциаций. Поэтому в районах развития отложений с бентосной фауной, каковым является Дальний Восток, границы отделов и ярусов, по существу, не выражены. В ряде случаев, когда это касается находок руководящих групп организмов, например таких, как граптолиты [12, 15], проведенные авторами межрегиональные корреляции представляются более обоснованными.

Основными проблемами стратиграфии нижнего и среднего палеозоя ЯЗ являются: неравномерная изученность стратонтов, их территориальная разобщенность, нередко – отсутствие руководящих групп организмов в фаунистических и флористических комплексах, наличие «немых» толщ. Накопленные к настоящему времени многочисленные данные по стратиграфии и литологии нижнего и среднего палеозоя различных регионов ЯЗ (особенно это относится к Приморью), по существу, остаются неувязанными. В предлагаемой статье поставлена задача обобщения и сопоставления этих разрозненных данных. Выбор рассматриваемых стратиграфических единиц обусловлен тем, что они распространены во всех регионах ЯЗ.

В основу работы положены данные, полученные Л.А. Изосовым в процессе проведения им крупно- и среднемасштабных геологических съемок Западного Приморья (1963–1985 гг.), а также многолетние палеонтологические исследования Н.П. Кулькова [15]. Кроме того, в ней учтены результаты дискуссий, происходивших в процессе проведения совместных полевых экспедиций с северо-корейскими (Приморье, Северная Корея), китайскими и японскими (Приморье) учеными [16]. При этом Л.А. Изосову были переданы ценные публикации по стратиграфии нижнего и среднего палеозоя Северной Кореи и Японии, что дало возможность провести полноценное обобщение по геологии ордовика, силура и девона ЯЗ.

Разработанные Л.А. Изосовым стратиграфические схемы силура и девона Приморья (при участии Н.Г. Мельникова и В.А. Бажанова) приняты в 1990 г. на IV Межрегиональном стратиграфическом совещании в Хабаровске [26]. Кроме того, им совместно с Г.В. Рогановым составлена схема структурно-формационного районирования силура и девона Дальнего Востока РФ.

Результаты исследований и их обсуждение

При рассмотрении результатов настоящих исследований следует иметь в виду, что здесь существенное значение имеет палеонтологическая обоснованность возраста рассматриваемых образований. Действительно, стратиграфическая основа является ключом к пониманию тектоники, палеогеографии и истории геологического развития того или иного региона.

В ЯЗ стратиграфические корреляции базируются на характерных комплексах фоссилий [5, 16, 26, 32–34, 38, 39]: среди простейших весьма значимы фораминиферы и радиолярии, кроме того, широкое распространение в разрезах имеют кишечнополостные (строматопороидеи, кораллы), членистоногие (трилобиты), брахиоподы, полухордовые (граптолиты), реже конодонты, а также многочисленные растительные остатки (проптеридофиты, плауновидные и др.).

Основными единицами общей стратиграфической шкалы ордовика, силура и девона, принятыми в РФ [26], являются отделы и ярусы. Следует подчеркнуть, что в настоящее время, в соответствии с постановлением № 25 МСК (1991 г.), в строении девона принято выделять следующие ярусы: нижний девон – лохковский, пражский и эмский; средний девон – эйфельский и живетский; верхний девон – франский и фаменский. В составе нижнего отдела данной системы за пределами РФ зарубежные исследователи выделяют жединский и кобленцкий ярусы.

Раннепалеозойские и среднепалеозойские магматические комплексы в пределах исследованной территории – как стратифицирующиеся, так и нестратифицирующиеся образования. Первые составляют самостоятельные стратоны либо входят в состав вулканогенно-осадочных толщ, вторые являются интрузивными, субвулканическими и вулканоплутоническими комплексами. Возраст магматических пород определен: 1) на основании палеонтологических данных, когда эти породы залегают среди осадочных отложений, 2) по характеру взаимоотношений их с вмещающими породами и 3) изотопными методами [2, 15–17, 31–34, 38, 39].

Наиболее полно палеонтологически обоснованы и хорошо изучены среднепалеозойские отложения Японии, где дано монографическое описание содержащихся в них окаменелостей (кораллов, трилобитов, брахиопод). В Северо-Восточном Китае и Корее нижний и средний палеозой выделен довольно давно также по кораллам, трилобитам и брахиоподам, однако изучен несколько слабее, чем в Японии. В свое время эти окаменелости исследовали: М. Егуши, М. Като, Т. Кобаяси, Т. Обата, К. Озаки, Т. Сугияма, С. Шимицу, К. Тачибана, Х. Ябе и др. В последние годы датировка стратонов там производилась также по граптолитам (Му-энь-чжи), радиоляриям и конодонтам (Ли Ха Йонг, Х. Вакамацу, Н. Судзуки и др.), брахиоподам (К. Мачибане). В Приморье палеонтологически доказанный ордовик отсутствует, а силурийские и девонские стратоны описаны значительно позднее, чем в Корее и Японии. Заключенные в них окаменелости изучали: А.В. Киселева, А.П. Никитина, Б.В. Поярков (фораминиферы), И.М. Колобова, З.А. Максимова (трилобиты), Н.П. Кульков, Е.А. Модзалевская, О.И. Никифорова, Г.Р. Шишкина (брахиоподы), Т.Н. Корень (граптолиты), Г.И. Бурый (конодонты), В.И. Бурого, В.Г. Зимица, В.А. Красилов, Н.М. Петросян, Г.П. Радченко (растительные остатки).

Ордовикские отложения в ЯЗ палеонтологически доказаны в Северо-Восточном Китае и Корее [34, 38, 39], в то время как в Приморье они выделяются условно на основании положения в стратиграфическом разрезе [16]. В Японии известны маломощные карбонатные отложения с ордовикской фауной, а в пределах тектонического пояса Хаячине на больших территориях выступает нижнесреднеордовикский (421–484 млн лет) стратифицирующийся базит-гипербазитовый комплекс – «офиолит Хаячине», контактирующий по разломам с метаморфитами докембрийской серии Хасаденайгава [32].

В Северо-Восточном Китае в пределах площади исследований в зоне Йичун–Яншоу известна одноименная серия (нижний–средний ордовик), которая несогласно залегают на нижнепротерозойских образованиях и сложена терригенно-карбонатными породами с прослоями средних и основных вулканитов. В Цилиньской зоне выделяются верхнеордовикские вулканогенно-карбонатно-терригенные отложения, согласно покрывающие нерасчлененную кембрийско-ордовикскую толщу. В платформенной части этого региона распространены ордовикские карбонатные накопления, связанные постепенным переходом с верхнекембрийской свитой Фенгшань.

На прилегающей с запада территории в Дахинганлингской складчатой системе развита палеонтологически охарактеризованная группа Синглонг–Хандаци, состоящая из двух серий. В тремадок-аренигской терригенно-карбонатной серии Синглонг (4460 м) в низах встречаются прослойки кислых туфов. Раннеордовикский возраст пород определен по находкам брахиопод *Lingulella* sp., *Arcuaria* sp.; на тремадок указывают трилобиты *Ceratopyge* sp., *Apatokephalus* sp., *Dikelokephalina* sp. и брахиоподы *Finkelnburgia bellatula* Ulrich, *Humaella huanganjiensis* Zhu. По присутствию в серии брахиопод *Onniella* sp., *Howellites* sp. и *Austinella* sp. в ней условно выделены карадокские слои. Арениг-ашгильская серия Хандаци (3613 м) представляет собой карбонатно-вулканогенно-терригенную толщу, в которой встречаются андезит-риолитовые и андезит-базитовые ассоциации. В ней собрана фауна, характеризующая: 1) ранний–средний арениг (трилобиты *Pliomerops* sp. и *Parasphaerexochus* sp., брахиоподы *Productorthis americana* Coor. и граптолиты *Dictyonema* sp., *Didymograptus* sp.); 2) арениг–лланвирн (трилобиты *Pliomerellus* sp., граптолиты *Phyllograptus anna* Hall и др.); 3) лландейло (трилобиты *Trinodus* sp. и *Eudolotites* sp.,

брахиоподы *Famatinorthis luohoensis* Liu и *Brandysia* sp., граптолиты *Dicellograptus* sp.); 4) ранний карадок (трилобиты *Remopleurides* sp. и *Ceraurinella* sp., брахиоподы *Leptelina* sp., *Dalmanella sulcata* Кооп., *Dedzetina filongshanensis* Hall и граптолиты *Dendrograptus* sp., *Dictyonema* sp.); 5) поздний карадок (трилобиты *Encrinuroides* sp., *Calyptaulax* sp., *Isotelus* sp., *Homotelus* sp., *Cheirurus* sp., *Platylichas* sp., брахиоподы *Hingganoleptaena* sp. и др.); 6) карадок–ашгил (брахиоподы *Magicrostrophia* sp., граптолиты *Orthograptus* sp., *Pseudoclimacograptus* sp. и *Pleurograptus* sp.).

В Корее широко распространена кембрийско-силурийская серия Хванчжу, в которой ордовикские терригенно-карбонатные отложения залегают на верхнекембрийской свите Копхунг и перекрываются нижнесилурийской свитой Коксан [34].

Подосва силура в ЯЗ достоверно установлена во многих местах: 1) в Лаоэлинской подзоне и Пхеннамском прогибе нижний силур согласно залегает на верхнем ордовике [34, 38, 39]; 2) в Самчхокском прогибе нижневерхнесилурийские отложения несогласно ложатся на средний ордовик [34]; 3) в пределах массива Хида верхний силур с размывом покрывает ордовик [32]; 4) в зоне Хаячине нижний силур согласно перекрывает одноименный нижнесреднеордовикский офиолитовый комплекс [31]. В последнем случае базальные слои силура не охарактеризованы фауной, а возраст «офиолита Хаячине» определен только радиологическим методом (до 484 млн лет). В этом случае возможны два варианта взаимоотношений между названными стратонами: 1) низы свиты Якушигава охватывают верхний ордовик, как это показано в [31]; 2) комплекс Хаячине имеет раннесилурийский возраст и вместе со свитой Якушигава может быть сопоставлен с нижнесилурийской кордонкинской свитой Гродековской подзоны [12, 15, 16]. Также в пределах массива Хида доказано несогласное залегание силурийской системы на позднеордовикских (442 млн лет) «гранитах Хиками» [31]. Аналогичное взаимоотношение, по-видимому, имеет место между нижнесилурийско-верхнедевонской серией Гион-яма и названным гранитным комплексом в зоне Титибу [32].

Можно вполне уверенно говорить о налегании нижнесилурийской кордонкинской свиты на ордовикские (434–495 млн лет) гродековские гранитоиды в одноименной подзоне, а также на верхнекембрийские (512 ± 47 млн лет) вулканиты [16, 27]. Непосредственного контакта между упомянутыми образованиями не наблюдалось, однако в базальных конгломератах нижнего силура, развитых по соседству с названными гранитоидами и вулканитами, установлены их многочисленные обломки. Что касается «немых» отложений, выступающих в наложенных структурах Ханкайского массива и близких по возрасту к силуру (даубихезская свита, туфо-эффузивная толща), то твердо доказано их залегание (соответственно): 1) с размывом на позднекембрийских гранитах вознесенского типа (до 500 млн лет) и без видимого углового несогласия на нижнем–среднем кембрии; 2) с угловым несогласием на нижнекембрийских отложениях [16, 17]. Также установлено, что терригенные породы даубихезской свиты содержат значительные объемы кластического материала, представленного ордовикскими гранитоидами и верхнекембрийскими риолитами. Следует подчеркнуть, что в ряде случаев палеонтологически охарактеризованные силурийские отложения образуют крупные аллохтонные блоки в микститах, например в мезозойском поясе Титибу [41].

В Дахинганлингской складчатой системе в пределах пояса Хандаци [38] силурийские отложения согласно залегают на ордовике и согласно же перекрываются девоном. Здесь силур (2385 м), охватывающий лландовери–лудлов, выделяется в поясе Хандаци: серицит-хлоритовые и глинистые сланцы, аргиллиты, кварцевые и аркозовые песчаники, реже – конгломераты. По брахиоподам там устанавливаются: 1) лландовери – *Atrypa* sp., *Chonetoides* sp., *Meifodia* sp.; 2) венлок – *Tuvaella rackovskii* Tchern.; 3) лудлов – *T. gigantea* Tchern.

Среди девонских отложений ЯЗ выделяются как морские, так и континентальные [10, 16, 20, 29, 32, 34, 36, 38, 39]; при этом расчленение первых базируется в основном на бентосной макро- и микрофауне (кораллы, трилобиты, брахиоподы и др., иногда

фораминиферы и др.), а вторых – на растительных остатках (риниофиты, плауновидные и др.). Иногда здесь выделяются глубоководные морские кремнистые породы, возраст которых определен по радиоляриям и конодонтам [30, 40]. Зачастую девонские породы, как морские, так и континентальные, залегают в позднемезозойских хаотических комплексах в виде разновеликих олистолитов или образуют крупные ксенолиты в позднетриасово-раннеюрских гранитоидах [16, 38, 39, 41].

Нижняя граница девонских отложений в большинстве регионов ЯЗ палеонтологически не доказана. Лишь в примыкающей к ЯЗ Дахинганлингской складчатой системе установлено, что девон согласно залегает на силуре [38]. В ряде случаев он налегает на докембрийский фундамент и раннепалеозойские образования: 1) в пределах Баоцинского и Биндонгского поясов и зоны Имджинган [28, 34, 38, 39] – на архей, нижний и верхний протерозой, карбонатный верхний кембрий и ордовикские гранитоиды; 2) в зоне Йичун–Яньшоу – на карбонатный нижний кембрий и среднеордовикские вулканиты среднего–основного состава; 3) в пределах массива Южный Китаками – Абукума – на докембрийские «метаморфические породы Мацугадайра–Мотаи» [31, 32]. Залегание девонской системы на силурийской предполагается в прогибе Хикороичи [31, 32]. В пределах Ханкайского массива средний–верхний девон с местным угловым несогласием покрывает «немые» отложения, сопоставляемые нами с лландовери–венлоком, и с размывом ложится на ордовикские граниты [16].

В то же время в пределах площади исследований имеются мощные разрезы нерасчлененных среднепалеозойских отложений: в офиолитовой зоне Хаячине выделена серия Сеньюгатаки [40], в средней части которой заключены позднесилурийские и раннедевонские радиолярии, а в верхней – остатки позднедевонских растений. Сходная картина наблюдается в зоне Титибу, где широко распространена серия Гион-яма, возрастной диапазон которой, установленный на основании находок силурийской фауны и девонской флоры, охватывает поздний лландовери – поздний девон. Аналогичные взаимоотношения между силуром и девоном можно предположить и в Кабаргинском прогибе: развитая там тамгинская свита имеет большую мощность и в средней и верхней частях содержит раннедевонскую флору [26]. Не исключено, что ее низы относятся уже к силуру, а возможно, даже к кембрию [22]. Таким образом, в ЯЗ, вероятно, в ряде районов девонская система залегает на силурийской с постепенным переходом.

В пределах Баоцинского пояса и прогиба Хикороичи [31, 38] на девонских (эмфаменских) слоях согласно залегают нижнекаменноугольные отложения. В пределах последнего также установлено несогласное налегание нижнего карбона на среднедевонские породы. Несогласное залегание нижнего карбона на девонских слоях наблюдается и в Туманган-Лаоэлин-Гродековской зоне [39]. Интересные данные по этому вопросу были получены при исследовании платформенного чехла Ханкайского массива: здесь из состава люторгской свиты, считающейся в основном эйфель-живетской [26], В.Г. Зиминой [5] были вычленены нижнекаменноугольные флороносные слои, а затем выделена нижнекаменноугольная шевелевская толща небольшой (60 м) мощности. Поэтому люторгская свита, по-видимому, охватывает и верхний девон. Кроме того, в Южно-Синегорской вулканотектонической впадине [16] средневерхнедевонские вулканогенно-терригенные отложения [11] согласно перекрыты светляровской толщей вулканитов с прослоями туфалевролитов, содержащих раннекаменноугольные фораминиферы [9].

В Дахинганлингской складчатой системе в пределах складчатого пояса Синглонг выделяется жединско-эйфельская толща (3750 м) [38], сложенная сланцами, песчаниками, конгломеративными песчаниками с прослоями рассланцованных риолитов, известняков и мраморов. В сланцах часто встречаются брахиоподы *Atrypa* cf. *nieczlawiensis* Grab., *Meristella* sp., *Coelospirella pseudocamilla* (John.), *C. dongbiensis minor* Su, *Leptaenopyxis bouei* (Barr.), *Gladiostrophia kondoi* (Ham.), *Reeftonia* cf. *taeniolata* (Khalf.), *Barbaestrophia* sp., *Rhytistrophia* sp., *Paramerista* sp. и др. Там же в складчатом поясе Хандаци девон (7330 м), охватывающий пражский–фаменский ярусы, согласно залегает на силуре и представлен

глинистыми сланцами, аргиллитами, песчаниками, туфопесчаниками, конгломератами, гравелитами с линзами известняков. Свита Ньюихэ (89–483 м), вероятно пражского возраста, сложенная аргиллитами, туфами с линзами кристаллических известняков, конгломератами и песчаниками, согласно залегает на свите Сигуланхэ, относимой к лохкову. В позднепражской свите Хандаци (1130 м) и свите Цзиншуи (40–915 м) раннего эмса господствуют андезиты, базальты, риолиты, кератофиры и их туфы. Свита Холунмынь (62–405 м) охватывает поздний эмс и сложена сланцами, аргиллитами и песчаниками с линзами известняков. В эйфельской свите Дейян (463–1732 м) намечаются два типа разреза: 1) тонкозернистые песчаники, алевролиты, сланцы с прослоями биокластических известняков и туфов среднего–кислого состава; 2) туфопесчаники, глинистые аргиллиты и рифовые известняки с прослоями андезитов и риолитов. Свита Генлихэ (488–757 м) живецкого возраста состоит из песчаников и аргиллитов с редкими прослоями риолитовых туфолов. К франу здесь относится свита Дахелихэ (433–569 м), сложенная конгломератами, песчаниками, алевролитами и сланцами, а к фамену – свита Сяохелихэ (415–777 м), образованная конгломератами, гравелитами, песчаниками, аргиллитами и известковистыми сланцами. Возраст биостратиграфических подразделений в поясе Хандаци базируется на находках кораллов *Syringaxon bohemicum* (Povta), *Pleurodictyum nodae* et Sug., брахиопод *Coelospirella pseudocamilla* (John.), *Stropheodonta* cf. *sedgwicki* (Arch. et Vern.), *Paraspirifer* sp. (пражский ярус); брахиопод *Coelospirella orientalis* (Ham.), *Leptaenopyxis bouei* (Bar.), *Acrospirifer macrothyris* Su (ранний эмс); брахиопод *Coelospirella dongbeiensis* Su, *Elythyna pseudofallax* (Khalf.), *Gladiostrophia kondoi* (Ham.), *Euryspirifer* cf. *tonkinensis* Mansuy, *E. cf. paradoxus* Schloth., *Gypidula* cf. *mansuyi* Grab., *Desquamatia desquamata* (Sow.) (поздний эмс); кораллов *Favosites foldfussi* d'Orb., *Cladopora elegans* Dub., *Thamnopora dongbeiensis* Deng, брахиопод *Coelospirella dongbeiensis minor* Su, *Fimbrispirifer divaricatus* (Hall), *Acrospirifer dyadobomus* Su, *Euryspirifer grabau* (Yabe et Sug.) (эйфель); брахиопод *Mucrospirifer mucronatus* (Cong.), *Sculptospirifer sculptilis* (Hall), *Euryspirifer pseudochechiel* (Hou) (живет); брахиопод *Cyrtospirifer* sp. (фран); флористических остатков *Platyphyllum* sp., *Archaeopteris* sp. (фамен).

Судя по распределению ордовикской, силурийской и девонской морской биоты, существовавшие в пределах ЯЗ седиментационные бассейны зачастую развивались примерно в одних контурах и имели связи с морями Центрально-Азиатского и Приохотского регионов, а также Австралии [2, 3, 16, 23, 26, 35]. Континентальные отложения включают многочисленные остатки девонских проптеридофитов, плауновидных и других растений, которые известны в Центральном Казахстане, Западной Сибири, Приохотском регионе и Южном Китае [6, 16, 24].

Заключение

На основании обширного, в значительной мере оригинального, материала впервые проведена корреляция ордовикских, силурийских и девонских стратиграфических подразделений местного ранга, а также нерасчлененных кембрийско-ордовикских отложений различных регионов Япономорской зоны перехода континент–океан, в которой сочленяются Китайская платформа и Тихоокеанский складчатый пояс (российское Приморье, Северо-Восточный Китай, Корея, Япономорская впадина, Японские острова). Выделены стратифицирующиеся и нестратифицирующиеся магматические комплексы этих возрастов, представляющие собой вулканические, субвулканические, вулканоплутонические и плутонические образования.

В структурах, наложенных на докембрийские массивы, рассматриваемые отложения обычно хорошо прослеживаются по латерали, в то время как в полициклических подвижных поясах они залегают часто в виде олистолитов в мезозойских микститах или крупных ксенолитов в разновозрастных гранитоидах, что создает значительные трудности при их картировании и корреляции.

Субмаринные ордовикские, силурийские и девонские отложения ЯЗ накапливались в сходной палеогеографической обстановке практически в одних и тех же седиментационных бассейнах, которые соединялись с центрально-азиатскими, приохотскими и австралийскими морями. Континентальные осадки исследованной территории представлены девонскими толщами, включающими многочисленные растительные остатки, широко распространенные также в Центральном Казахстане, Западной Сибири, Приохотье и Южном Китае. В результате проявления в Восточной Азии и Австралии интенсивного мезозойско-кайнозойского тектогенеза и раскрытия Японского окраинного моря ниже- и среднепалеозойские отложения в ЯЗ во многих случаях были сильно дислоцированы и хорошо сохранились, в основном в пределах остаточных докембрийских массивов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ву Иашань, Джен Юаньшен, Тан Ляньян, Жан Анди. Зависимость алмазности кимберлитов от тектонических структур фундамента Сино-Корейской платформы // Геология и геофизика. 1992. № 10. С. 117–123.
2. Геологическое развитие Японских островов. М.: Мир, 1968. 719 с.
3. Геология Северо-Восточной Азии. Стратиграфия и палеонтология. Л.: Недра, 1972. Т. 2. 527 с.
4. Ёлкин Е.А. Сравнительная характеристика общей и стандартной стратиграфической шкалы, концепция и особенности применения при региональных работах // Стратиграфия докембрия и фанерозой Забайкалья и юга Дальнего Востока. Хабаровск: Мингео СССР, 1990. С. 61–63.
5. Зимица В.Г., Изосов Л.А., Мельников Н.Г. К стратиграфии девонских отложений Ханкайского массива и его обрамления // Новые данные по стратиграфии и палеогеографии Дальнего Востока. Владивосток: ДВГИ ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 13–21.
6. Зимица В.Г. Средне-позднепалеозойская флора юга Дальнего Востока. Владивосток: ДВГИ ДВО АН СССР, 1991. 72 с.
7. Изосов Л.А., Чупрышин В.И., Ли Н.С., Крамчанин К.Ю., Огородний А.А. Вулканогенные полициклические окраинно-континентальные пояса Япономорского региона: палеозоны перехода континент–океан // Отеч. геология. 2015. № 1. С. 74–81.
8. Изосов Л.А. Геологические формации и среднепалеозойская эволюция Япономорской окраины Азии: автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2003. 42 с.
9. Изосов Л.А., Никитина А.П., Старов О.Г., Никогосян В.А. Карбон Юго-Западного Приморья // Новые данные по биостратиграфии палеозоя и мезозоя юга Дальнего Востока. Владивосток: ДВГИ ДВО АН СССР, 1990. С. 69–71.
10. Изосов Л.А. Морской девон Приморья // Изв. АН СССР. Серия геол. 1978. № 4. С. 82–86.
11. Изосов Л.А., Поярков Б.В. Первая находка девонских фораминифер в Южном Приморье // ДАН СССР. 1976. Т. 227, № 2. С. 425–426.
12. Изосов Л.А., Евланова М.А., Корень Т.Н. Первая находка силурийских граптолитов в Приморье // ДАН СССР. 1983. Т. 269, № 5. С. 1153–1155.
13. Изосов Л.А., Коновалов Ю.И., Емельянова Т.А. Проблемы геологии и алмазности зоны перехода континент–океан (Япономорский и Желтоморский регионы). Владивосток: Дальнаука, 2000. 326 с.
14. Изосов Л.А., Емельянова Т.А. Раннепалеозойский магматизм и тектоника Япономорской окраины Азии // Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии: материалы науч. конф. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН. 2006. С. 35–38.
15. Изосов Л.А., Кандауров А.Т., Бажанов В.А., Корень Т.Н., Шишкина Г.Р., Колобова И.М., Кульков Н.П. Силурийские отложения Приморья // Тихоокеан. геология. 1988. № 5. С. 75–82.
16. Изосов Л.А. Среднепалеозойские формации и тектоника Япономорского региона. Владивосток: Дальнаука, 2002. 278 с.
17. Изосов Л.А. Формации силура, девона и карбона Приморского края // Сов. геология. 1992. № 3. С. 35–45.
18. Изосов Л.А. Формационный анализ и его место в современной геологической науке // Региональные проблемы. 2011. Т. 14, № 2. С. 21–27.
19. Изосов Л.А., Горюшко М.В. Южно-Синегорская впадина Приморья: геологическое строение и развитие // Отеч. геология. 2006. № 3. С. 33–40.
20. Мельников Н.Г., Бураго В.И. Девонские отложения Приморья // Палеозой Дальнего Востока. Хабаровск: ИТиГ ДВНЦ АН СССР, 1974. С. 130–138.
21. Окунева О.Г., Репина Л.Н. Биостратиграфия и фауна кембрия Приморья. Новосибирск: Наука, 1973. 284 с.
22. Олейник Ю.Н. Кембрий-силурийские отложения северной части Ханкайского массива // Информационный сборник Приморского геологического управления. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1968. С. 14–17.

23. Палеогеографический атлас Китая. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1962. 118 с.
24. Петросян Н.М. Растения // Стратиграфия СССР. Девонская система. М.: Недра, 1973. Кн. 2. С. 285–288.
25. Пущаровский Ю.М. О трех парадигмах в геологии // Геотектоника. 1995. № 1. С. 4–11.
26. Решения Четвертого Межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию и фанерозою юга Дальнего Востока и Восточного Забайкалья (Хабаровск, 1990 г.). Хабаровск: Хабаров. гос. горно-геол. предприятие, 1994. 124 с.
27. Смирнов А.М., Давыдов И.А., Изосов Л.А., Мельников Н.Г., Милов А.П., Шульдинер В.И. Кембрийская липаритовая формация Южного Приморья // ДАН СССР. 1982. Т. 264, № 2. С. 417–429.
28. Смирнов А.М. Сочленение Китайской платформы с Тихоокеанским складчатым поясом. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 157 с.
29. Старов О.Г., Изосов Л.А., Мельников Н.Г., Петросян Н.М. О нижнедевонских отложениях Южного Приморья // ДАН СССР. 1985. Т. 282, № 1. С. 166–167.
30. Ханчук А.И., Панченко И.В., Кемкин И.В. Геодинамическая эволюция Сихотэ-Алиня и Сахалина в палеозое и мезозое. Владивосток: ДВГИ ДВО АН СССР, 1988. 56 с. .
31. Ehiro M., Kanisawa S. Origin and evolution of the South Kitakami Microcontinent during the Early-Middle Palaeozoic // Gondwana dispersion and Asian accretion: IGCP 321 Final Results Volume. Rotterdam: A.A. Balkema, 1999. P. 283–295.
32. Geology and mineral resources of Japan. Hisamoto: Kawasaki-shi, 1977. Vol. 1. 430 p.
33. Geology of Korea. Seoul: Geol. Soc. of Korea, 1988. 514 p.
34. Geology of Korea. Pyongyang: Foreign Languages Books Publ. House, 1996. 629 p.
35. Guo S. Correlation of Palaeozoic coral fauna between Inner Mongolia – Northeast China and Japan // Pre-Jurassic geology of Inner Mongolia, China. Osaka: Osaka City Univ., 1991. P. 201–212.
36. Izosov L.A. The marine Devonian sequence of Primor'ye // Intern. Geol. Rev. 1979. Vol. 21, N 1. P. 115–118.
37. Klimetz M.P. Speculations on the Mesozoic plate tectonic evolution of Eastern China // Tectonics. 1983. Vol. 2, N 2. P. 139–166.
38. Regional Geology of Heilongjiang Province. Beijing: Geol. Publ. House, 1992. 734 p. (Geological memoirs; ser. 1, N 33).
39. Regional Geology of Jilin Province. Beijing: Geol. Publ. House, 1989. 698 p. (Geological memoirs; ser. 1, N 10).
40. Suzuki N., Takahashi D., Kawamura T. Late Silurian and Early Devonian Polycystine (Radiolaria) from the Middle Paleozoic deposits in the Kamaishi area, northeast Japan // J. Geol. Soc. Japan. 1996. Vol. 102, N 9. P. 824–827.
41. Wakita K. Accretionary tectonics in Japan // Bull. Geol. Surv. Japan. 1989. Vol. 40, N 5. P. 251–253.