

3. *Фундаментальные* проблемы геотектоники : Материалы XL Тектонического совещания. Т. 1. – Москва: ГЕОС, 2007. – 424 с.
4. *Фундаментальные* проблемы геотектоники : Материалы XL Тектонического совещания. Т. 2. – Москва: ГЕОС, 2007. – 408 с.
5. *Тяпкин К. Ф.* Физика Земли. – Киев: Вища шк., 1998. – 312 с.
6. *Тяпкин К. Ф., Довбнич М. М.* О напряжениях, возникающих в тектоносфере в результате изменения ротационного режима упруговязкой Земли // Геофиз. журн. – 2002. – № 2. – С. 52–60.
7. *Ляв А.* Математическая теория упругости. – Ленинград: ОНТИ, 1935. – 674 с.
8. *Колтунов М. А., Кравчук А. С., Майборода В. П.* Прикладная механика деформируемого твердого тела. – Москва: Высш. шк., 1983. – 349 с.
9. *Лурье А. И.* Теория упругости. – Москва: Наука, 1970. – 939 с.
10. *Довбнич М. М.* Деформации земного эллипсоида, обусловленные короткопериодными вариациями ротационного режима // Зб. наук. праць НГУ, № 23. – Дніпропетровськ, 2005. – С. 23–27.
11. *Мельхиор П.* Земные приливы. – Москва: Мир, 1968. – 482 с.

Національний горний університет,
Дніпропетровськ

Поступило в редакцію 17.04.2007

УДК 553.411.071(571.5)

© 2007

Академик НАН Украины **Е. А. Кулиш, С. Г. Парада**

Гидротермально-осадочные образования в золотоносных черносланцевых комплексах

Underwater hydrothermal-sedimentary bodies within auriferous black schist complexes by the (Fe+Mn)/Ti module are determined. They are presented by numerous small interbeds and rare layers and lenses of the quartz and sulfide-quartz compositions enriched with Mn, Fe, Ni, Co, Cu, Au, and other elements.

При оценке роли эндогенного материала в золотоносных черносланцевых толщах обычно учитываются, прежде всего, маломощные пласты, прослой, и линзы зеленокаменных пород и зеленых сланцев основного состава. В некоторых из них многими геологами отмечаются реликты диабазовой структуры. В связи с этим все подобные образования принято считать метаморфизованными производными базитовой магмы. По оценке геологов-съемщиков, количество основных метавулканитов в черносланцевых толщах Амуро-Охотской складчатой области составляет не более 10–15%, причем распространены они, главным образом, в нижней половине разреза. В других регионах (Верхояно-Колымская, Ленская, Енисейская, Южно-Тянь-Шаньская и др. провинции) не отмечается вулканитов основного состава в разрезах золотоносных черносланцевых толщ.

Иногда предполагается наличие пластов кислых вулканитов или примеси туфового материала в самих черносланцевых породах. Так, например, на основании результатов петрохимических пересчетов, предполагается наличие метавулканитов кислого состава в низах

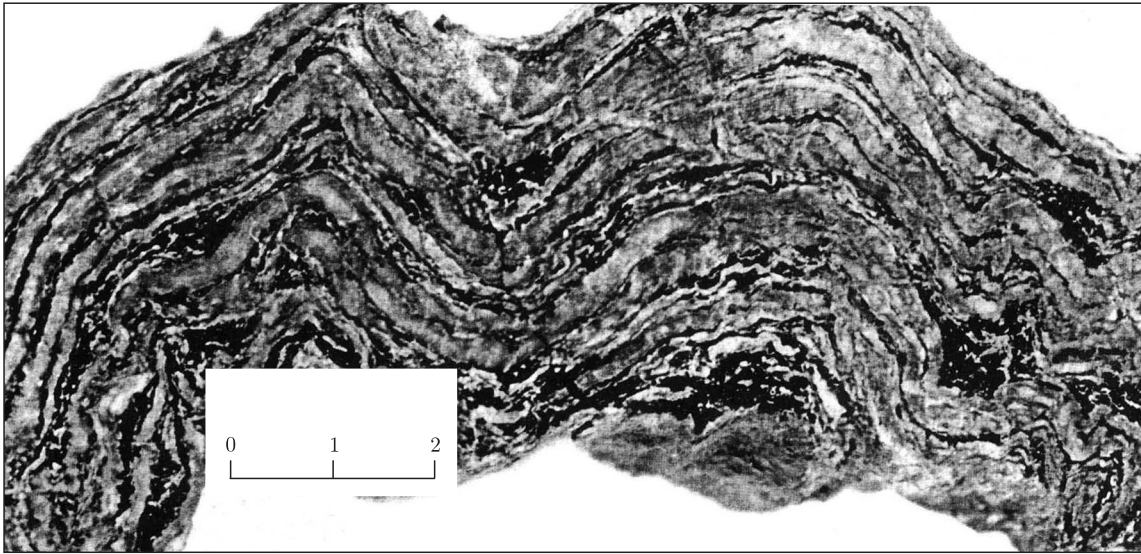


Рис. 1. Тонкое переслаивание кварцитов и филлитов (полированный штуф)

рудовмещающего разреза среди графитистых сланцев Амуро-Охотской складчатой области [1]. Однако выявление кислых вулканитов в толщах, претерпевших метаморфизм, представляется на сегодняшний день не решенной задачей ввиду сходства химического состава с терригенными породами.

Существует мнение, что золотоносные черносланцевые толщи Амуро-Охотской области представляют так называемый туфовый флиш, формирующийся на склонах вулканогенных поднятий [2]. Наличие туфогенного материала предполагается в золотоносных толщах Ленской и Верхояно-Колымской провинциях [3, 4]. Однако выявление примеси туфогенного материала в углеродисто-терригенных породах представляет собой довольно трудную задачу, так как первично-осадочные породы превращены метаморфизмом в кристаллические сланцы, причем пепловые частицы (если они присутствовали), в силу своей повышенной реакционной способности, подверглись перекристаллизации в первую очередь — еще на ранних стадиях преобразования осадков. Решение этой задачи, вероятно, возможно путем использования геохимических методик, в частности, с помощью методики, изложенной в [5]. Ее применение к черносланцевым породам [6] указывает на отсутствие в них ощутимой примеси туфового материала. Так что все предположения о наличии туфогенного материала и кислых вулканитов в углеродисто-терригенных толщах, по крайней мере в Амуро-Охотской складчатой области, не находят вещественных доказательств.

Применение геохимической методики (железо-марганец-титановый модуль), разработанной Н. М. Страховым [7] для выявления субмаринных эксгальационно-гидротермальных отложений, дало возможность обнаружить повсеместное развитие подобных образований в разрезе черносланцевых толщ Амуро-Охотского региона. Такими образованиями оказались серицит-(мусковит)-гранат-кварцевые сланцы и кварциты. Они распространены на всех стратиграфических уровнях рудовмещающего разреза в виде маломощных прослоев, линз и относительно крупных залежей. Обычно они пространственно ассоциируют с метаморфизованными вулканитами основного состава, а в верхах разреза имеют самостоятельное значение. Часто они образуют мощные пачки тонкого переслаивания с углеродистыми сланцами с характерной ритмично тонкослоистой текстурой (рис. 1). Подобные образования

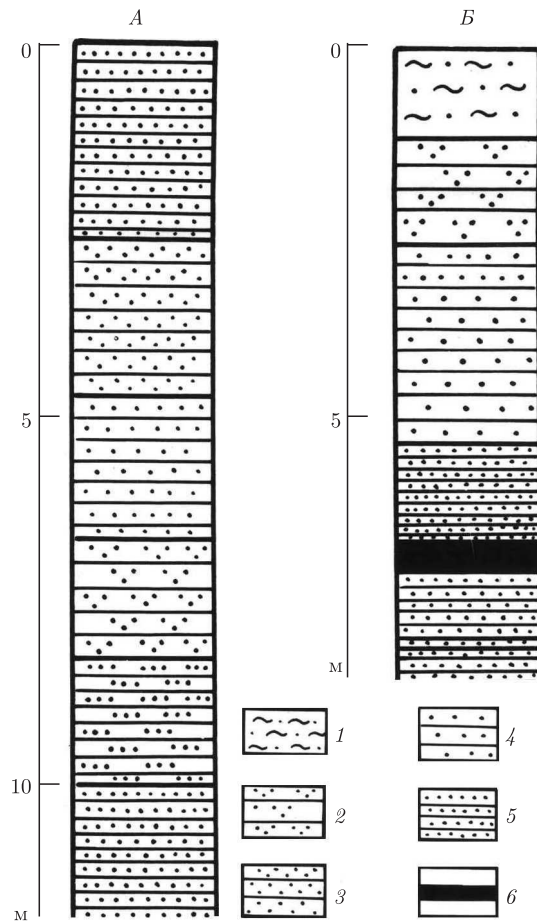


Рис. 2. Характер слоистости рудоносных кварцитов Ворошиловского месторождения (Амуро-Охотская провинция) и положение в них золотоносных сульфидов:

A — Ворошиловская залежь, врез шахты № 100; *B* — Майская залежь, карьер:

1 — мусковит-гранат-кварцевые сланцы; 2 — грубослоистые кварциты; 3 — переслаивание грубослоистых и тонкослоистых кварцитов; 4 и 5 — груборитмичные параллельнослоистые кварциты, обогащенные углеродистым веществом; 6 — кварциты, обогащенные сульфидами

также весьма широко распространены в рудовмещающих разрезах Южно-Тянь-Шаньской провинции, в том числе в районе крупнейшего золоторудного месторождения Мурунтау.

Кроме того, установлено, что гранатсодержащие кварцитовидные сланцы и кварциты часто выделяются в виде обособленных относительно мощных прослоев и линз среди черных сланцев, а на Ворошиловском месторождении они являются рудоносными (рис. 2).

Кварцитовидные сланцы и кварциты состоят на 80–90% из кварца. Остальные минералы представлены светлыми слюдами (серицит, мусковит), альбитом, хлоритом. Весьма характерно присутствие марганцовистого граната, а также распределенной по сланцеватости вкрапленности пирротина и (или) арсенопирита. Часто отмечаются лейкоксен, циркон, апатит, стильпномелан и углеродистое вещество. В верхах стратиграфического разреза, где породы слабо метаморфизованы, в кварцитах вместо граната сохраняются гидроокислы марганца и железа.

Цифровые значения $(Fe + Mn)/Ti$ модуля в частных пробах кварцитовидных сланцев и кварцитов изменяются от 27 до 143 (табл. 1). Только в двух образцах они ниже

Таблица 1. Распределение Fe и Mn (в %) и микроэлементов ($10^{-4}\%$) в кварцитовидных сланцах по фракциям первичного осадка и значения Fe + Mn/Ti модуля

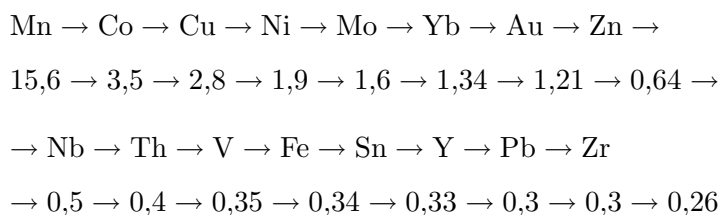
№ п. п.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ГФ		3,87	4,50	30,3	17,4	24,1	31,8	25,3	39,9	22,6	34,7	30,2
Fe	a	0,20	0,23	1,58	0,91	1,26	1,65	1,32	2,08	1,18	1,81	1,57
	б	0,39	1,07	1,07	0,77	1,55	2,78	2,54	0,60	0,43	2,79	2,10
Mn	a	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
	б	0,01	0,13	1,23	0,21	0,83	0,65	1,24	0,25	0,07	2,70	0,98
Rb	a	5,4	6,3	42,4	24,4	33,8	44,4	35,5	55,9	97,6	48,6	42,2
	б	—	—	—	—	—	49,0	—	—	8,0	—	—
Be	a	0,11	0,13	0,9	0,5	0,7	0,95	0,8	1,2	0,7	1,0	0,9
	б	—	—	—	0,2	—	0,4	—	—	—	—	0,5
Sr	a	11,6	13,5	90,9	52,3	72,4	95,3	76,0	120	67,8	104	90,5
	б	—	42,0	—	—	—	11,0	—	—	—	—	—
Ba	a	22	26	176	101	140	134	147	231	131	201	175
	б	—	—	24	—	60	116	53	—	—	—	325
Y	a	1,0	1,2	8,0	4,5	6,3	8,3	6,6	10,4	5,9	9,0	7,8
	б	4,0	12,0	8,0	5,0	5,0	10,0	4,0	5,0	—	12,0	7,0
Yb	a	0,1	0,1	0,8	0,4	0,6	0,8	0,7	1,0	0,6	0,9	0,8
	б	—	—	3,2	1,6	3,4	3,2	1,3	3,0	1,4	3,1	1,2
Th	a	0,46	0,54	3,6	2,1	2,9	3,8	3,0	4,8	2,7	4,2	3,6
	б	3,5	2,5	8,4	1,9	4,1	11,2	—	3,2	0,3	0,8	3,4
U	a	0,14	0,17	1,1	0,6	0,9	1,2	0,9	1,5	0,8	1,3	1,1
	б	1,2	0,6	—	—	0,2	1,7	—	0,7	0,4	—	0,2
Zr	a	6,0	7,0	48,0	28,0	38,0	51,0	40,0	64,0	36,0	56,0	48,0
	б	19,0	18,0	50,0	3,0	12,0	128	6,0	36,0	1,0	27,0	11,0
Nb	a	0,43	0,49	3,3	1,9	2,6	3,5	2,8	4,4	2,5	3,8	3,3
	б	4,6	4,5	7,7	3,1	2,4	8,5	2,2	2,6	2,5	4,2	1,7
V	a	5,0	5,8	39,0	22,7	31,4	41,3	32,9	51,9	29,4	45,2	39,2
	б	0,4	3,2	51,0	13,0	5,0	49,0	21,0	38,0	25,0	135	51,0
Cr	a	3,5	4,0	27,3	15,7	21,7	28,6	22,8	35,9	20,3	31,3	27,2
	б	—	—	—	—	—	11,0	—	—	—	9,0	—
Mo	a	0,1	0,1	0,8	0,4	0,6	0,8	0,7	1,0	0,6	0,9	0,8
	б	4,9	1,2	4,2	1,4	6,9	4,2	4,3	1,5	4,4	1,6	—
Co	a	0,7	0,9	5,8	3,3	4,6	6,0	4,8	7,6	4,3	6,6	3,5
	б	29	89	94	93	49	3,0	121	28	14	47	147
Ni	a	2,6	3,1	20,6	11,8	16,4	21,6	17,2	21,1	15,3	23,6	20,5
	б	63	217	179	98	50	22	93	45	95	42	200
Cu	a	1,7	2,0	13,6	7,8	10,9	14,3	11,4	18,0	10,2	15,6	13,6
	б	22	34	46	28	109	—	229	42	110	—	586
Zn	a	3,7	4,3	28,8	16,6	22,9	30,2	24,1	37,9	21,5	33,0	28,7
	б	96	6	21	3	27	40	46	62	49	—	71
Pb	a	0,8	0,9	6,1	3,5	4,8	6,4	5,1	8,0	4,5	6,9	6,0
	б	4,2	3,1	—	1,5	20,2	6,6	10,9	5,0	14,5	—	—
Sn	a	0,22	0,25	1,8	1,0	1,4	1,9	1,6	2,4	1,4	2,0	1,8
	б	2,3	1,6	0,7	0,8	0,4	0,6	0,9	3,5	1,1	—	4,1
Au	a	0,1	0,2	1,2	0,7	1,0	1,3	1,0	1,6	0,9	1,4	1,2
	б	4,2	1,2	3,5	2,7	1,4	1,5	1,4	1,6	1,5	1,8	1,7
Fe+Mn/Ti		30	143	30	27	30	33	38	20	16	36	27

Примечание. ГФ — содержание глинистой фракции в первичном осадке (%), *a* — содержание элемента в терригенной фракции первичного осадка, *б* — эндогенная масса элемента в первичном осадке, *a* + *б* — общее содержание элемента в образце.

предлагаемого Н. М. Страховым [7] критического значения, равного 20 ± 5 , и составляют 16 и 20. Помимо Fe и Mn, породы обладают высокими содержаниями многих микроэлементов, в том числе и Au. Путем пересчета, по методике Н. М. Страхова [7], нами предпринята попытка выявить те элементы, которые поступали в первичный осадок за счет эндогенного источника, главным образом, с подводными гидротермами и эксгаляциями. Для этого рассчитывалось количество микроэлемента, содержащегося в терригенной фракции, и вычитанием из общего содержания элемента в образце находилось его содержание в эндогенной фракции осадка. Для расчетов использовалось среднее содержание Al_2O_3 в глинах, по [8], равное 17,36%. Для всех остальных элементов были взяты кларки для глинистых пород, по Турекьяну и Ведеполу [9].

Из табл. 1 видно, что многие из анализируемого круга элементов (Co, Ni, Cu, Mo, Zn, Yb, Pb, Sn, Th, Y, Nb и Au) присутствуют в количествах, превышающих величину их содержаний в терригенной фракции осадков. Избыток этих элементов в породе связан с наличием эндогенной фракции. Другая, меньшая, часть элементов (Li, Rb, Be, Sr, Cr) полностью входят в состав терригенной фракции. Эндогенная фракция у этих элементов отсутствует. У Ba и U избыток содержаний относительно терригенной фракции обнаруживается примерно в половине изученных проб. Таким образом, многие микроэлементы обнаруживают эндогенную фракцию, но величины их содержаний сильно различаются.

Ниже приводится ряд элементов, построенных по принципу уменьшения кларков концентраций, которые рассчитаны, согласно данным таблицы, как отношение содержания элемента в 100% объема эндогенного материала к кларку этого элемента в глинах:



Таким образом, по степени концентрации в эндогенной фракции выделяются три группы химических элементов. В первую группу входят элементы, эндогенная концентрация которых превышает их концентрацию в терригенных осадках (Mn, Co, Cu, Ni, Mo, Yb и Au). Вторую группу составляют элементы, содержания которых в эксгалятивной фракции ниже, чем в терригенной (Zn, Nb, Th, V, Fe, Sn, Y, Pb и Zr). Третья группа представлена элементами, отсутствующими в эндогенной фракции (Li, Rb, Be, Sr, Cr, U, Ba).

При анализе содержаний микроэлементов в метатерригенных породах устанавливается, что парапороды нижней половины разреза, насыщенные тонкими прослоями кварцитовидных сланцев обогащены элементами первой группы. Так, содержания MnO в них почти вдвое больше, чем в породах остальных свит, Co и Ni в эндогенной фракции больше почти в 10 раз, Cu — в несколько раз, Au — на 20%. Полученные данные позволяют сделать вывод о заметном влиянии эндогенного материала на геохимию терригенных осадков нижней части изучаемого разреза. На парапороды верхней части разреза эндогенный материал существенного влияния не оказал.

Таким образом, эндогенный материал присутствует в отдельных золотоносных черносланцевых комплексах (не более 15%) в виде пластов и прослоев метабазитов, примеси туфогенного материала, субмаринных эксгаляционно-гидротермальных образований и незначительных количеств рассеянного эксгалятивного материала в терригенных породах.

Рассеянный эндогенный материал (в виде повышенных концентраций Si, Mn, Co, Ni, Cu, Mo, Yb и Au в черных сланцах) оказал существенное влияние на геохимию терригенных осадков там, где с максимальной активностью проявлялась субмаринная эксгальационно-гидротермальная деятельность. Такая обстановка седиментогенеза характерна для ложа относительно узкого океанического бассейна, в горячих точках которого подводные эксгальации приносили кремнезем, золото, марганец, железо и другие рудные элементы в терригенные осадки и формировали самостоятельные золотоносные кремнистые и сульфидно-кремнистые залежи, часто переслаивающиеся с океаническими базальтами. С другой стороны, узость бассейна приводила к тому, что терригенный материал периодически покрывал все океаническое ложе. В результате сформировалась ритмичная толща с частым переслаиванием терригенных пород, океанических базальтов и эксгальационно-осадочных кремнистых и сульфидно-кремнистых образований. При этом терригенные и эксгальационные кремнистые осадки оказывают геохимическое влияние друг на друга. Первые обогащались железом, марганцем, кобальтом, никелем, медью и золотом; вторые — органическим и глинистым веществом.

Описанный механизм привел, по-нашему мнению, к формированию одного из наиболее продуктивных на золото венд-нижнепалеозойского черносланцевого комплекса Южного Тянь-Шаня, в котором локализовано крупнейшее золоторудное месторождение Мурунтау.

Такой механизм формирования эксгальационно-осадочных образований с эндогенным источником химических элементов в черносланцевых комплексах подобен модели вулканогенно-осадочного образования золотоносных железистых кварцитов [10]. От вулканогенно-осадочных моделей, разработанных для ряда золоторудных месторождений в древних зеленокаменных трогах Канады и Австралии [11, 12], этот механизм отличается, прежде всего, отсутствием связи с конкретными вулканическими постройками. В этом отношении гидротермально-осадочные кремнистые и сульфидно-кремнистые залежи Амуро-Охотской области и Южного Тянь-Шаня напоминают так называемые чехольные фации золотоносных руд в модели Томиша [12], формирующиеся на значительном удалении от вулканической постройки в морской терригенной толще.

1. Грибанов А. П., Шевкаленко В. Л. Реконструкция метаморфизованной нижней части разреза вулканогенно-терригенной докембрийской толщи (Приамурье) / Геология и металлогения докембрия Дальнего Востока. – Ленинград: Наука, 1981. – С. 71–77.
2. Кулиш Е. А., Сорокин А. П., Врублевский А. А., Ахмадулин В. А., Змиевский Ю. П. Эндогенная минерализация геоблоков центральной части Дальнего Востока. – Владивосток: ДВО РАН, 2000. – 222 с.
3. Буряк В. А., Бакулин Ю. И. Металлогения золота. – Владивосток: Дальнаука, 1998. – 403 с.
4. Кожин А. В., Сухоруков В. И., Шилигин П. Р. Региональная геохимия (Южное Верхоянье). – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 1999. – 432 с.
5. Закруткин В. Е. Высокоуглеродистые формации раннего докембрия европейской части СССР. – Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1982. – 288 с.
6. Парада С. Г. Геохимия и оценка рудоносности черносланцевых толщ Селемджино-Кербинской золотоносной зоны (Дальний Восток) // Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Хабаровск, 1985. – 24 с.
7. Страхов Н. М. Проблемы геохимии современного океанского литогенеза. – Москва: Наука, 1976. – 300 с.
8. Ронов А. Б., Ярошевский А. А. Химическое строение земной коры // Геохимия. – 1967. – № 11. – С. 1285–1310.
9. Войткевич Г. В., Кожин А. В., Мирошников А. Е., Прохоров В. Г. Справочник по геохимии. – Москва: Недра, 1990. – 477 с.
10. Кулиш Е. А. Основные черты эволюции метаморфогенного рудообразования. – Киев, 1993. – 72 с.

11. Константинов М. М. Стратиформное золотое оруденение – достижения и проблемы построения моделей рудообразующих систем // Руды и металлы. – 1993. – № 1./2. – С. 14–20.
12. Tomish S. A. An outline of the economic geology of Kalgoorlie, Western Australia // Trans. Geol. Soc. S. Afr. – 1986. – 89. – P. 35–55.

Институт геохимии окружающей среды
НАН Украины и МЧС Украины, Киев
Южный федеральный университет,
Ростов-на-Дону, Россия

Поступило в редакцию 04.05.2007

УДК 551.465(265.1)

© 2007

Е. А. Скрипалева

Межгодовая изменчивость структуры вод юго-восточной части тропиков Тихого океана в связи с событиями Эль-Ниньо

(Представлено членом-корреспондентом НАН Украины Л. В. Черкесовым)

The interannual variability of the water structure and large-scale fronts due to El-Niño events in the southeast Pacific Tropical zone is investigated with the use of the sea surface temperature (SST) satellite observations during 1985–2002. The significant correlation between indices of atmospheric circulation SOI, anomalies of the areas of cold and warm waters in the Peruvian upwelling region and the equatorial zone and front's characteristics, is found. It is shown that interannual variations during El-Niño events are equal to 1 °C/54 km for front's intensity, 300–400 km for the spatial displacement, and 6 °C for front's temperature.

Важнейшими показателями изменчивости структуры вод являются характеристики водных масс и фронтальных разделов. Для юго-восточной части тропической зоны Тихого океана исследование изменчивости этих характеристик имеет особенно важное научно-прикладное значение, так как здесь располагается зона интенсивного промысла (Перуанский апвеллинг). В этом регионе наиболее ярко выражены процессы взаимодействия океана и атмосферы на межгодовом масштабе (события Эль-Ниньо), которые вызывают интенсивную реакцию океанических фронтов и характеристик апвеллинга. Исследование особенностей этой реакции крайне необходимо для совершенствования методов промыслового прогнозирования.

Согласно [1], в юго-восточной части тропической зоны Тихого океана выделены следующие основные крупномасштабные фронты. Севернее экватора (1–3° с. ш.) проходит Фронт Северной ветви Южного пассатного течения (ЮПТ). Южнее экватора (3–5° ю. ш.) располагается Южный тропический фронт (ЮТФ), который связан с Центральной ветвью ЮПТ. Между 20 и 25° ю. ш. в зоне Южной ветви ЮПТ образуется относительно слабый зональный фронт — Южная ветвь ЮТФ. В области Перуанского апвеллинга выделяются два