

**Заявитель (организация):**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»

ИНН 5408106490

КПП 540801001

Юридический (фактический) адрес

630090, Новосибирская область, г. Новосибирск, ул. Пирогова 2

Ректор Михаил Петрович Федорук, действующий на основании Устава НГУ

**Авторы патента**

Сафонова Инна Юрьевна, Россия, г. Новосибирск, ул. Шатурская 8, кв. 66, 630055

Савинский Илья Александрович, Россия г. Новосибирск, ул. Иванова 35а, кв. 75, 630117

Ханчук Александр Иванович, 119296 Москва, Университетский проспект 9, кв. 138.

Шинегори Маруяма, 3-13-32 Коядай, Цукуба, Ибараки 305-0074, Япония

Обут Ольга Тимофеевна, ул. Полевая 14, кв. 104, 630117

**МПК G01C 17/00, G01C 17/16**

**СПОСОБ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ АККРЕЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ****Область техники**

**Изобретение относится** к геологии, в частности, к области реконструкции геологических процессов в развитии земной коры на основе картирования аккреционных комплексов, имеющих сложную структуру.

**Уровень техники**

Современные методы геологического интерпретации картирования построены на основе закона Стено, предполагающего, что если один слой (пласт) горных пород лежит на другом, то верхний слой образовался позднее, чем нижний. Соответственно, при отсутствии данных абсолютного возраста (палеонтология, изотопия) для разных слоев

пород, их относительный возраст определяется по закону Стено. Такая ситуация крайне широко распространена в геологическом картировании, т.к. измерить точно возраст каждого слоя невозможно.

Настоящее изобретение предлагает другой метод реконструкции геологических процессов, основанный на выделении чередования повторяющихся комплексов слоев пород.

Для удобства описания способа приводим определение используемых терминов.

*Субдукция океанической литосферы* – процесс движения океанической коры от места ее образования в зоне срединно-океанического хребта в сторону зоны субдукции, где она пододвигается под островную дугу или активную континентальную окраину и погружается в мантию.

*Аккреционные комплексы* - это комплекс горных пород, образованных в результате субдукции океанической коры, «срезания» ее верхних слоев и присоединении их либо к комплексу островной дуги, либо активной континентальной окраины. Также в состав аккреционного комплекса входят терригенные породы, образованные за счет разрушения смежных островных или континентальных дуг. После закрытия океана в результате континентальной коллизии в состав аккреционного комплекса также могут войти более поздние магматические формации: син- и пост-коллизионные или внутриплитные.

*Конвергентные окраины* – это границы сближающихся или сходящихся литосферных плит.

*Стратиграфическая последовательность* - последовательность и соподчинённость стратиграфических подразделений горных пород, слагающих земную кору.

*Орогенез (ороген)* - геологический процесс формирования горных сооружений под влиянием интенсивных восходящих тектонических движений, скорость которых превышает скорость процессов, ведущих к выравниванию поверхности Земли (денудации, сброса)

*Спрединг океанического дна* - геодинамический процесс раздвигания жёстких литосферных плит под действием нагнетаемого снизу магматического расплава в области срединно-океанических хребтов.

Однако закон Стено не работает или плохо работает в аккреционных комплексах, образующихся на конвергентных окраинах тихоокеанского типа, т.е. при субдукции океанической литосферы, сопровождающейся аккрецией (присоединением) океанических пород к внутриокеаническим островным дугам или их совместной аккрецией к активным континентальным окраинам. Аккреционные комплексы имеют крайне сложное геологическое строение, т.к. в ходе субдукции верхние слои погружающейся океанической литосферы – базальты и еще слабо консолидированные океанические осадки (пелагические кремни - далее «пелагиты», хемипалагические кремнистые аргиллиты и алевролиты - далее «хемипелагиты»), отделяются («срезаются») от нижних слоев океанической коры, надвигаются и поддвигаются друг под друга, тем самым нарушая исходную стратиграфическую последовательность.

При этом часто образуются дуплекс-структуры, которые представляют собой две системы надвигов: 1) два параллельных надвига, ограничивающие пластины океанических пород сверху и снизу, которые в литературе называются надвиг кровли (top thrust) и надвиг подошвы (bottom thrust); 2) система связующих надвигов или поддвигов («linking thrusts»), разделяющих отдельные пластины/пачки океанических пород и заканчивающихся у поверхностей надвига кровли и надвига подошвы. Такие отдельные пачки пород, разделенные связующими надвигами, называются в англоязычной литературе «horse», что можно перевести как «седло» (здесь и далее - «хорс»).

Диагностика таких надвигов/поддвигов весьма затруднительна, особенно в полевых условиях, так как во время аккреции осадочные породы имеют еще слабую степень консолидации или литификации, т.е. они еще сильно насыщены водой. В результате более молодые слои поддвигаются под более древние, аккретированные ранее; при этом границы между аккретированными толщами океанических осадков неясные, размывые, поэтому их часто ошибочно принимают за согласное залегание.

Такая особенность образования аккреционных комплексов может привести к ошибкам при картировании аккреционных комплексов, входящих в состав складчатых поясов тихоокеанского типа. Особенно это важно при картировании подобных складчатых поясов древнего возраста, которые в настоящее время находятся во внутриконтинентальных горных областях, образованных при закрытии древних океанов, как, например, Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП), протянувшегося от Урала до Дальнего Востока и являющегося главным аккреционным орогеном России. С

образованием ЦАСП связано огромное количество месторождений полезных ископаемых, поэтому их поиск и разведка напрямую зависят от качества картирования сложных структур аккреционных комплексов, что и является предметом данной заявки.

### **Раскрытие изобретения**

**Задача изобретения** состоит в разработке нового метода, позволяющего реконструировать исходную последовательность океанических пород при картировании аккреционных комплексов.

**Технический результат** состоит в составлении корректной геологической карты конкретного аккреционного комплекса и всего района.

Поставленная задача решается за счет **надежной диагностики фрагментов океанической коры** в составе внутриконтинентальных складчатых поясов и выделения конвергентной окраины тихоокеанского типа, для чего предлагается использовать модель стратиграфии океанической плиты (СОП), которая позволяет надежно реконструировать истинную стратиграфическую последовательность и тем самым обеспечивает составление корректной геологической карты.

СОП представляет собой устойчивую ассоциацию магматических и осадочных пород, образованных на различных участках океанического дна: от места зарождения океанической коры в зоне срединно-океанического хребта и глубоководных условий океанского дна (пелагическая зона) до менее глубоководных обстановок океанических поднятий (подводных гор, плато и островов) и континентального склона (хемипелагическая зона), до зоны глубоководного океанского жёлоба в месте непосредственной субдукции океанической литосферы. В ходе субдукции породы СОП вовлекаются в процесс аккреции и входят в состав аккреционных комплексов (Isozaki et al., 1990).

СОП состоит из вещественно, литологически и структурно различных элементов. В условиях океанического дна на базальтах срединно-океанических хребтов (тип MORB) отлагаются пелагические кремни (пелагиты), которые часто имеют ленточную текстуру и содержат останки микроорганизмов, по которым можно определить возраст пород. В

процессе спрединга океанического дна кремни перемещаются в сторону зоны субдукции, и их мощность и соответственно возраст возрастают.

Со временем пелагические осадки приближаются к зоне субдукции и оказываются в менее глубинной или хемипелагической обстановке, т.е. на оффшорном или океаническом сегменте глубоководного желоба, обычно около островной дуги или континентальной окраины. Там пелагиты начинают перекрываться хемипелагитами, состоящими из тонкозернистого обломочного материала (кремнистые аргиллиты, алевролиты), поступающего со смежной вулканической дуги или активной окраины. Такие осадки также могут содержать фауну. После того как эта пачка осадков достигает глубоководного желоба, на них сверху начинает отлагаться терригенный материал, поступающий с островной дуги или активной континентальной окраины, с образованием турбидитов и конгломератов.

Таким образом, схематический разрез СОП включает (снизу вверх) базальты типа MORB – пелагиты – хемипелагиты - турбидиты (Isozaki et al., 1990; Kusky et al., 2013).

Каждая пачка пород аккретированной СОП или каждый хорс отделен от другого связующими надвигами, а все хорсы вместе, отделены от других ассоциаций пород аккреционного комплекса (меланжа, островодужных вулканитов, терригенного матрикса) надвигами кровли и подошвы. В процессе аккреции каждый последующий, т.е. более молодой хорс поддвигается под аккретированный ранее более древний хорс.

При этом в поле или на карте мы можем наблюдать равномерное чередование пластов (пачек, слоев) СОП без видимых признаков несогласия. В соответствии с законом Стено самые нижние толщи должны быть древнее, чем верхние. Но на примере комплекса Инуяма, где были продатированы по радиоляриям и конодонтам (по фауне) все слои СОП, предыдущие исследователи показали, что эта последовательность является повторяющимся чередованием пачек триасовых пелагитов (кремней) и юрских хемипелагитов, т.е. эти структуры являются дуплексами. Поэтому аккретированные породы СОП нельзя изучать традиционными методами, т.к. явные признаки несогласного залегания отсутствуют (слабо консолидированные осадки), а закон Стено не работает. А при построении геологической карты в соответствии с официальными рекомендациями МПР РФ стратиграфическая последовательность определяется на принципах закона Стено.

Мы предлагаем при геологическом картировании аккреционных комплексов выделять повторяющиеся пачки пород СОП и, в случае наличия, сложенные ими «хорсы», т.е. структуры ограниченные 2-мя системами надвигов/поддвигов – надвигами кровли-подошвы и связующими их поддвигами. Каждый хорс при этом должен иметь одинаковый состав пород СОП (базальты – пелагиты - хемипелагиты), сама структура должна характеризоваться повторяемостью, т.е. чередованием хорсов, сложенных одними и теми же породами СОП, и близким возрастом пород в пределах каждого хорса, но разным возрастом самих хорсов.

### Описание изобретения поясняется рисунками

На **рис. 1а** изображено образование дуплекс-структур, состоящих из отдельных «хорсов», в процессе субдукции океанической коры (Isozaki et al., 1990).

На **рис.1б** изображен механизм поддвигания более молодых осадков под более древние: первой аккретируется самая древняя СОП-1, затем моложе СОП-2 и еще моложе предыдущей СОП-3

На **рис. 2** изображена схема стратиграфии океанической плиты СОП.

На **рис. 3** изображен разрез Инуяма аккреционного комплекса Мино, Япония (Fujisaki et al., 2013). На этом рисунке видно, что самый древний хорс-1, который был аккретирован раньше других, оказался наверху разреза, а самый молодой хорс-б – в самом низу.

### Реализация способа

Заявляемый способ картирования с выделением «хорсов» состоит в следующем:

1. Удостовериться в наличии любых из четырех главных типов пород: базальткремни-силицикластика-песчаник (состав СОП).
2. Определить границы «хорсов». Границы «хорсов» определяются по зонам деформации в поле и по разломам на геологической карте. Обычно они имеют вид дуплекс-структур («S»-образный изгиб, ограниченный «верхним» и «нижним» разломами), а также схожий литологический состав и возраст. Если границ в поле не

наблюдается, то границы можно реконструировать по повторяемости двух или более слоев пород СОП (базальт-кремни-силицикластика-песчаник).

3. Тщательное картирование в поле, замер элементов залегания и рисовка структуры каждого слоя пород.

4. Определить литологический состав каждого слоя из «хорсов».

5. Определить возраст (фауна, изотопное датирование) каждого слоя.

6. Если подтверждаются одинаковые возраста каждого литологически одинакового слоя из разных повторяющихся пачек, то делается вывод, что это - «хорс», сформированный при аккреции СОП. Следовательно, исходная стратиграфическая последовательность слоев должна быть реконструирована не по закону Стено, а на основе модели СОП. По возрастной последовательности хорсов можно реконструировать направление субдукции океанической плиты, что крайне важно для построения тектонических карт. Также все это подтверждает наличие в регионе конвергентной окраины тихоокеанского типа.

### **Формула изобретения**

Способ геологического картирования аккреционных комплексов, включающий определение литологического состава пород, их возраста и элементов их залегания, отличающийся тем, что выделяют пачки пород (хорсы), ограниченные 2-мя системами надвигов – надвигами кровли и подошвы и связующими их надвигами, в которых при наличии повторяемости одинаковых ассоциаций пород, включающих в разных комбинациях базальт-кремни-силицикластика-песчаник, и одинакового возраста пород внутри каждого хорса, реконструируют истинную стратиграфическую последовательность слоев по модели стратиграфической океанической плиты, определяют направление субдукции океанической плиты и составляют корректную геологическую карту.

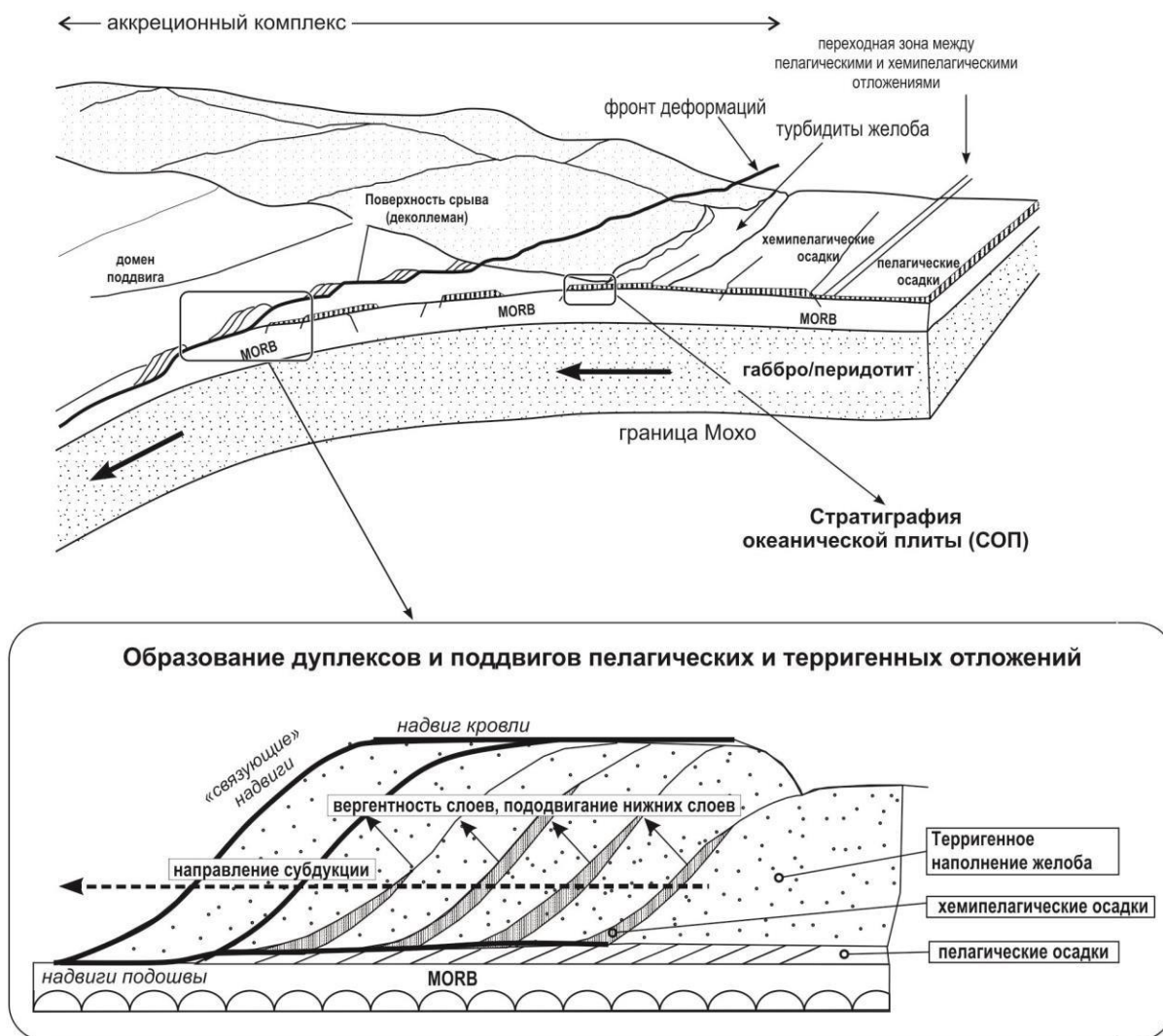


Рис. 1а.



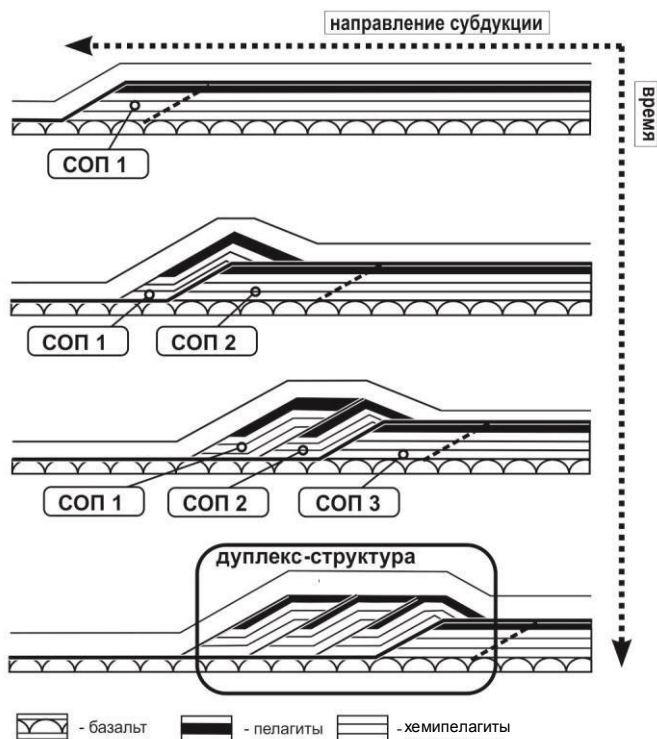


Рис. 16.

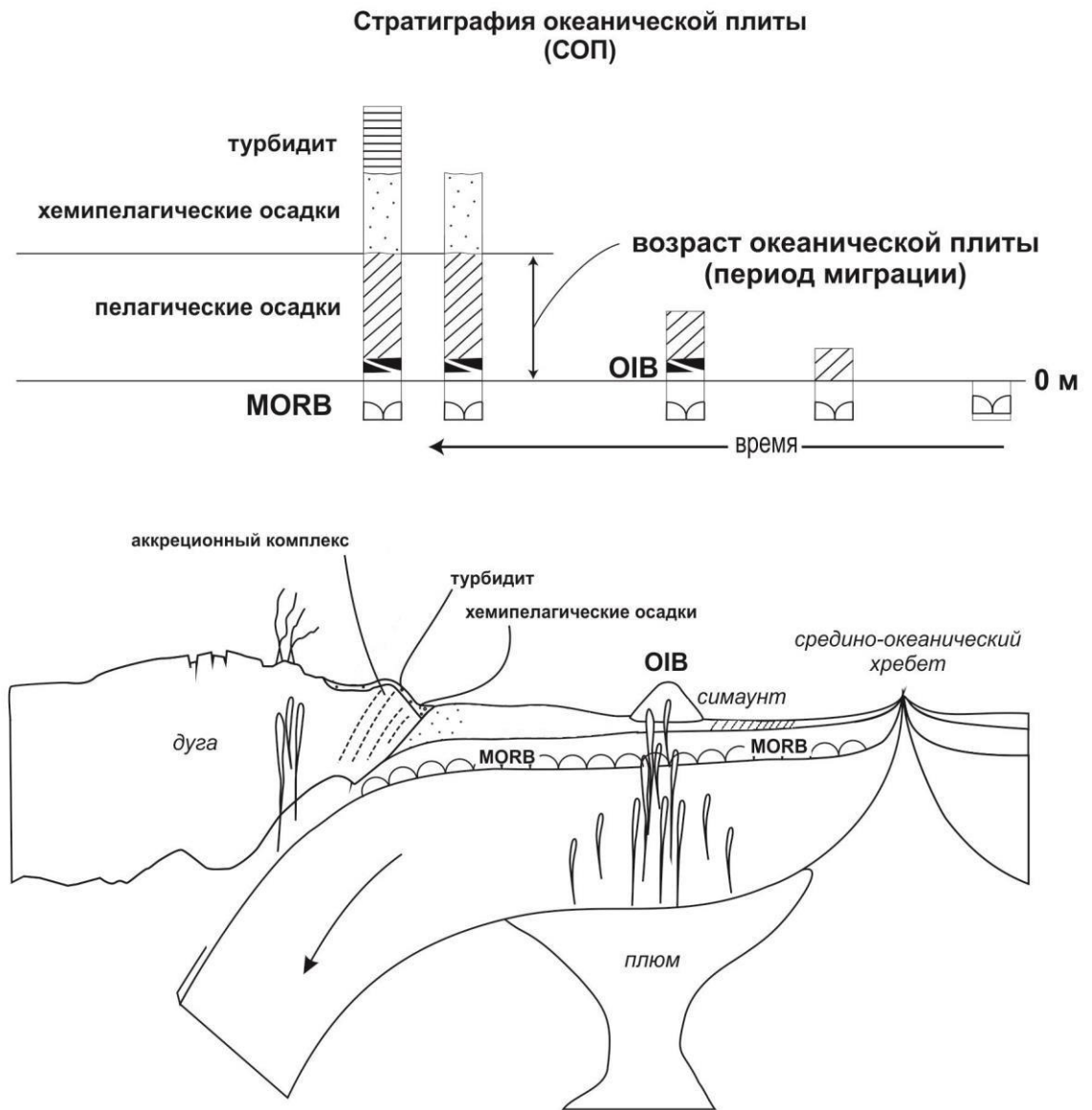


Рис. 2.

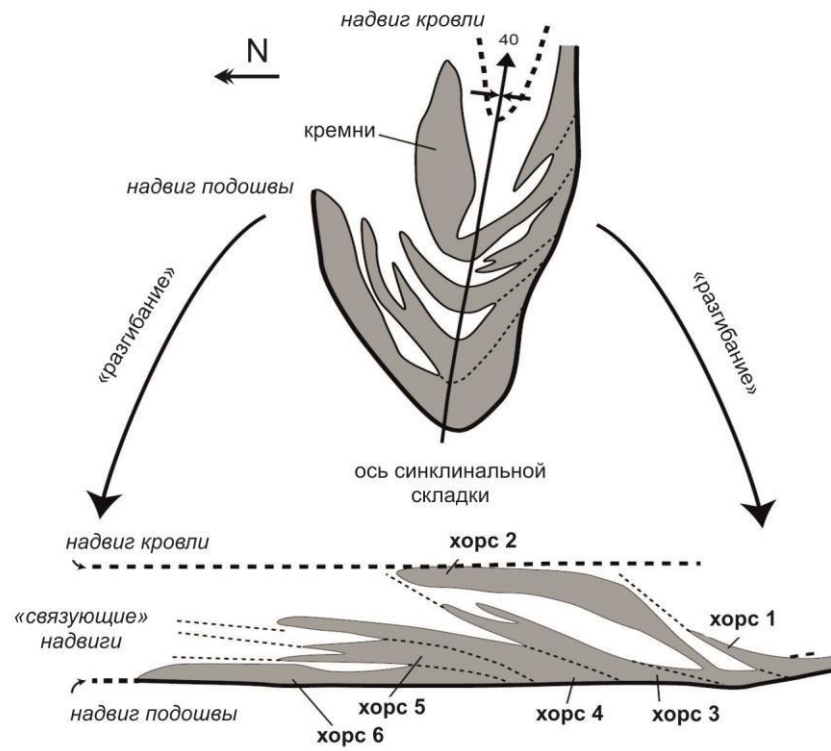


Рис. 3.