

**НЕФЕЛОИДНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ – ИНДИКАТОРЫ УСЛОВИЙ  
ОСАДКООБРАЗОВАНИЯ, ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ И МИНЕРАГЕНИЧЕСКИХ  
ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ**

*Ф.Р. Лихт*

*Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН им. В.И. Ильичева, г. Владивосток*

Установлены принципиальные особенности поставки нефелоидного материала и распределения его на дне современных восточно-азиатских приконтинентальных бассейнов котловинного типа. Аккумуляция одновременно осуществляется в двух пространственно разграниченных областях дна – мелководной и глубоководной. В мелководной выделены три типовые природные обстановки современного приконтинентального седиментогенеза, которым соответствуют три генетических типа древних нефелоидных отложений, отличающихся специфическими литологическими особенностями: приустьевой, транзитно-линейной, шлейфа заиливания. В глубоководной области дна формируются тонкослоистые ритмиты, которые по своим особенностям можно отнести к нефелоидным разновидностям флиша. Их образование связано с циклической сменой метеоро-климатических событий, вызывающих экстремальные выносы терригенного материала. Подобные явления могли быть пусковым механизмом для формирования и других разновидностей флиша.

Нефелоидные отложения являются индикатором определенных минерагенических обстановок в современных и древних бассейнах. Локализация одного из генетических типов нефелоидного материала в мелководной области моря, где формируются транзитные придонные потоки вещества, отмечает затопленные на шельфе долины палеорек, потенциально вмещающих древние россыпи. Тонкослоистые нефелоидные ритмиты относительно глубоководной области моря парагенетически связаны с другими типами донных осадков, совместно с которыми образуют комплекс отложений, соответствующий черносланцевым толщам древних бассейнов. Последние нередко вмещают крупные месторождения разных видов полезных ископаемых, и в первую очередь – так называемого тонкого золота.

**Ключевые слова:** нефелоидные отложения, флиш, турбидиты, древние россыпи, черносланцевые толщи.

**ВВЕДЕНИЕ**

Многолетние исследования закономерностей пространственного соотношения литологических разновидностей терригенных осадков на дне современных приконтинентальных морей или аналогичных отложений в разрезах однотипных древних бассейнов показали, что распределение донных осадков в первую очередь контролируется морфоструктурным обликом бассейна, а уже затем – особенностями климата, строением областей сноса на побережье, процессами подготовки и поступления осадочного материала и т. п.. В свою очередь, морфоструктура отражает геодинамические тенденции развития бассейна [14]. И, наконец, морфо-геодинамическая позиция бассейна вместе с характером седиментации

определяет принципиальные черты его минерагенической специализации, которая позволяет судить о потенциале формирования рудных концентраций, генетически связанных с осадочным процессом [17].

Особенно значимы в исследованиях современного и древнего осадкообразования нефелоидные осадки, позволяющие судить не только об обстановке в области аккумуляции отложений, но и о характере потоков вещества. В качестве нефелоидного ниже рассматривается тонкодисперсный терригенный материал, находящийся в состоянии взвеси после прохождения маргинального фильтра Мирового океана [12]. С ним связано появление самостоятельного элемента осадочного процесса, именуемого нефелоседиментацией [30], которой обусловлено появление в геологических разрезах морских (в том числе – и

мелководных) терригенных толщ существенно пелитового (глинистого) состава.

Принадлежность к нефелоидному материалу устанавливается достаточно четко – по преобладанию частиц размером менее 0,05 мм, которые не могут переноситься иначе, чем во взвеси [9], однако условия образования древних нефелоидов пока до конца неясны. Корректно они могут быть воссозданы лишь на основе определяющих корреляционных связей структуры нефелоидного материала осадков со средой осадкообразования в разных областях дна современного моря. Такие корреляционные связи намечены как статистические актуалистические седиментационные модели структуры терригенных осадков практически для всех обстановок дна восточно-азиатских краевых морей [27]. Эти модели современного седиментогенеза определялись методами многомерной статистики (Q- и R-факторный, кластерный и др. виды анализов), они могут сопоставляться с моделями-гомологами древних отложений, позволяя воссоздавать условия образования последних.

Правомерность сопоставлений современных и древних приконтинентальных осадочных образований основывается на существенно терригенном составе тех и других, предопределяющем ведущую роль физических (гидравлических по своей сущности) осадкообразующих процессов, претерпевающих наименьшую (по сравнению, например, с химическими и биологическими) трансформацию с течением геологического времени и отражающихся в размерных (гранулометрических) структурах осадков [15]. Статистическое моделирование реальных обстановок современного осадкообразования позволило существенно уточнить критерии их процессуальных механизмов, что позволяет параметрически различать соседствующие, но различающиеся по условиям образования осадки (например, современные и реликтовые [28]). Такие уточнения значительно расширяют возможности воссоздания условий образования отложений в древних морских бассейнах.

Сущность морфоструктурного контроля условий осадкообразования в современных приконтинентальных морских бассейнах выражается их принадлежностью к одному из двух основных типов по морфологии дна. К бассейнам *котловинного типа* относятся практически все восточно-азиатские моря, за исключением Желтого. Их широкие выположенные шельфы морфологически отчетливо сочленяются с достаточно круто наклоненными подводными материковыми или островодужными склонами. Осадконакопление осуществляется в двух пространственно

разделяющихся областях. Первая расположена в непосредственной близости к береговой линии, обычно до глубин 25–30 м, иногда до 40–60 м (в зависимости от динамики водных масс). Вторая располагается на материковом или островодужном склоне, но обычно не от бровки шельфа, а значительно ниже (глубже), примерно на 2/3 длины склона, охватывая практически всю нижележащую область дна. Между ними расположена аседиментогенная область дна, приходящаяся на внешний шельф и верхнюю часть материкового (островодужного) склона. На поверхности дна здесь залегают в основном донные осадки, генетически не связанные с современным осадочным процессом и обычно именуемые *реликтовыми*. Подобное распределение областей дна является общим для всех приконтинентальных бассейнов котловинного типа, независимо от их климатического положения, и связано с общими гидрофизическими механизмами, регулирующими потоки поставки и распределения взвешенного терригенного материала [13].

Ко второму типу относятся *пологосклонные бассейны*, в которых шельф и склон морфологически не разделяются, образуя единую пологую поверхность дна. Осадконакопление происходит практически на всей этой поверхности, в том числе на внешнем шельфе и верхней части склона, прерываясь лишь в области активной динамики придонных вод на мелководье – начиная с зоны разрушения волн или несколько глубже. Таковы, например, условия осадкообразования на шельфе и склоне в северной и западной частях Охотского моря, в Желтом море, в Сиамском заливе и в других бассейнах подобного типа.

Существуют переходные разности между котловинным и пологосклонным морфоструктурными и, как следствие, седиментационными типами бассейнов. В частности, южная и центральная части Татарского пролива в Японском море представляет типичный котловинный тип, а северная – пологосклонный, с постепенным переходом между ними [19].

Седиментологические особенности бассейнов разного морфоструктурного типа имеют важное диагностическое значения для воссоздания морфоструктурного типа древнего бассейна, а следовательно, и для оценки его геодинамических особенностей. Определяющим признаком является изначальное (сингенетическое) пространственное разобщение в бассейнах котловинного типа областей мелководной и глубоководной седиментации одновозрастных отложений, между ними на дне залегают разновозрастные древние комплексы шельфа и верхней части материкового склона. Точно так же неизбежно были

пространственно разобщены мелководные и глубоководные одновозрастные отложения в палеобассейне котловинного типа. Если же между мелководными (неритовыми) и относительно глубоководными одновозрастными формациями в разрезах отложений отмечаются латеральные (фациальные) переходы, достаточно уверенно можно предполагать, что древний бассейн был пологосклонным.

Нефелоседиментация проявляется в бассейнах разного морфоструктурного типа, однако структурно-текстурные отличия ее осадков, приуроченных к мелководной и глубоководной аккумулятивным областям дна моря, отмечаются лишь в бассейнах котловинного типа. В пологосклонных бассейнах отличия нефелоидных отложений в разных областях дна не отчетливы.

#### НЕФЕЛОИДЫ МЕЛКОВОДНОЙ ОБЛАСТИ МОРЯ

Поставка нефелоидного материала причинно связывается с разными суспензионными потоками – малой и большой плотности. Первые представлены потоками взвеси на шельфе [23]. Вторые отмечаются на материковых (островодужных) склонах. Напомним, что перемещение терригенного материала в форме взвеси в пелагиаль осуществляется, в основном, не на поверхности океана, а в подповерхностных, и, в особенности, – в придонных слоях [11].

Вместе с тем, механизм транзита взвеси через шельф до конца не раскрыт. Вряд ли правомерно связывать его только с деятельностью суспензионных потоков малой плотности [20]. Хотя в них и отмечаются (для береговой зоны) достаточно высокие концентрации взвеси (порядка граммов–десятков граммов на литр), уже за пределами барьера река–море содержания взвеси на шельфе не превышают 1–10 мг/л [11, 27]. Куда более важно то, что потоки малой плотности способны, на наш взгляд, генерировать в береговой зоне скопления нефелоидного материала чрезвычайно высоких концентраций, близких к условиям "жидкого дна", накапливающиеся как в относительно стабильном состоянии ("in situ"), так и пребывающие в транзите.

Скопления "in situ" формируются в приустьевой области мелководья, блокированной от области разгрузки на склоне каньонов аседиментогенной поверхностью широкого шельфа и его бровки, покрытой лишь реликтовыми осадками (как, например, в заливе Петра Великого в Японском море). Помимо них были выделены скопления перемещающегося нефелоидного материала, представленные обычно черными жидкими пелитовыми илами и названные [13] транзитными придонными потоками вещества

(ТППВ). Питаясь выносами речной взвеси, ТППВ стекают по тальвеговым линейным понижениям в рельефе дна, трассируя продолжающиеся с суши и затопленные на шельфе долины рек. Они наблюдались на шельфе Японского (в заливах Ольга, Восток, Восточно-Корейском) и Южно-Китайского (в виде подводного продолжения палео-Меконга) морей, по спутниковым данным намечаются и в других местах. Более отчетливо ТППВ выражены при сохранении на дне фрагментов эрозионных врезов затопленных палеодолин, что, например, наблюдалось нами в Восточно-Корейском заливе Японского моря [6].

Хотя ТППВ, как и мутьевые потоки, относятся к категории гравитационных образований, между ними существует принципиальное различие по механизму седиментации, отражаемое в размерности материала. Мутьевые потоки способны одновременно транспортировать обломочный материал различной крупности, осаждающийся по мере снижения скорости потока, чем определяется их принадлежность к механизму суспензионно-потоковой [26], т.е. *горизонтальной* седиментации. ТППВ представляют собою отложения, формирующиеся за счет *вертикального* осаждения, т.е. по закону Стокса, "частица за частицей", что характерно для нефелоидной седиментации.

В целом же, за исключением ТППВ, перенос терригенного материала, в том числе и нефелоидного, через аседиментогенные поверхности дна широких шельфов в современных условиях резко ограничен. Лишь дистальные части некоторых ТППВ достигают вершин каньонов. Сюда также втягивается зимой нисходящими охлажденными водами так называемый "наилор" – маломощный (от 2–3 мм до 1–2 см) слой нефелоидного материала, образующийся на поверхности реликтовых осадков шельфа в основном из продуктов сезонной жизнедеятельности организмов. Возможно, с этим материалом связано образование "нефелоидных облаков", отмечаемых на склоне [20].

Уже при прохождении маргинального фильтра (см. выше) начинается дифференциация частиц материала размерностью  $>0,05$  и  $<0,05$  мм, определяющая своеобразие нефелоидной седиментации. И хотя нередко отмечается перенос во взвешенном состоянии в придонном слое береговой зоны даже мелко-среднезернистого песка, вряд ли правомерно считать его взвесью – это сальтирующий материал. Частицы  $>0,05$  мм могут переходить во взвешенное состояние лишь кратковременно, при достаточно высокой подвижности вод, и сегодня в транзите через шельф практически не участвуют. Более реальным представляется перенос через шельф взвеси со средней

гидравлической крупностью 0,01 см/с, что соответствует размерности алевропелита [20]. Такую размерность, в частности, имеют частицы потоков речной взвеси, оставляющих на дне в аседиментогенной области шельфа своеобразную "тень" в виде современных алевропелитовых осадков. В частности, с "шлейфом" такого нефелоидного материала, генерируемого выносами р. Туманган, связано заиливание поверхности реликтовых осадков на внешнем шельфе Восточно-Корейского залива Японского моря [6].

Итак, по сопоставлению с обстановкой современного мелководья можно наметить следующие генетические типы древних мелководных нефелоидных толщ [1]: а) *приустьевой*, накапливающийся (как правило) "in situ", отличающийся значительными мощностями (высокими скоростями осадкообразования) и сравнительно широкой региональной распространенностью в геологических разрезах, сочетанием алевропелитового материала с более крупнозернистым; б) *транзитно-линейный*, соответствующий современным ТППВ, от предыдущего отличающийся в первую очередь меньшими (более чем на порядок) мощностями, локально-линейной локализацией в разрезах, выдержанным алевропелитовым составом; в) *шлейфа заиливания*, представленный на ограниченных площадях в разрезах древних отложений сериями чередующихся маломощных алевропелитовых раностей осадков со значительно более мощными песчаными.

#### НЕФЕЛОИДЫ ГЛУБОКОВОДНОЙ ОБЛАСТИ МОРЯ

В глубоководную область моря нефелоидный материал в основном объеме поступает с суспензионными потоками большой плотности. Среди них наиболее известны мутьевые потоки (они же – автосуспензионные, автокинетические, гравитационные и др.), которым посвящена обширная литература, причем не столько самим потокам, сколько формируемым ими отложениям – турбидитам, особенно древним, известным как *флишевая формация*, или *флиш*.

Пожалуй, ни одно из осадочных геологических образований за последние полтора столетия не привлекало к себе большего внимания, чем ритмично-слоистые разнозернистые терригенные (карбонатно-терригенные, иногда с участием вулканогенного материала) отложения, прототип которых под названием *флиш* выделен в 1827 г. швейцарским геологом Б. Шрудером. Некоторые вопросы их формирования и генетических связей до сих пор остаются дискуссионными, и перспектива их разрешения опять-таки видится в изучении условий и механизмов формирования подобных осадков в современных бассейнах.

Результатом первых таких наблюдений стало выделение гомологов флиша среди осадков Черного моря [2]. Позднее было показано [10], что осадки, сопоставимые с флишем и флишоидами (флишеподобными толщами), образуются на континентальном склоне бассейна котловинного типа и у его подножья. Этот вывод существенно отличался от существовавших тогда представлений об образовании флиша только в особых узких вытянутых прогибах (трогах), ограниченных (по крайней мере, с одной стороны) *кордильерами* – узкими островными поднятиями, а с другой стороны – подводными барьерами или также кордильерами [4].

Умозрительная кордильера была нужна для объяснения некоторых особенностей флиша, в частности, отсутствия переходных разностей между мелководными отложениями шельфа и более глубоководными флишевыми, тогда как переходы флиша по латерали в другие глубоководные образования отмечаются повсеместно как в современных, так и в древних бассейнах. Сегодня мы знаем, что в бассейнах котловинного типа (в пологосклонных бассейнах турбидиты отсутствуют) мелководную и глубоководную области осадконакопления разделяет не гипотетическая кордильера, а ранее не известная и не выделявшаяся аседиментогенная зона, в которой не только не происходит осадконакопления, но даже размываются более древние отложения.

После работ Ф. Кюнена, Б. Хизена, А. Боума, Р. Багнольда и других исследователей уточнилось представление о механизмах, формирующих флиш. Гипотеза периодических колебательных движений (осцилляций) земной коры, вызывающих изменения глубин бассейна и положения береговой линии, уступила место реально существующим в природе и воспроизведенным в лабораторных условиях подводным мутьевым потокам (*turbidity currents*), продуктами которых и являются турбидиты. Наиболее примечательная особенность последних – их ритмичная текстура, выражающаяся повторяющейся градиционной слоистостью (*graded bedding*) – закономерным уменьшением крупности обломочного материала снизу вверх внутри флишевого ритма [31].

Сегодня нам известно, что типичные для флиша разности донных осадков обусловлены автокинетическим (гравитационным) подводным транспортом осадочного материала в потоках разной плотности: от высококонцентрированных (пастообразных) дисперсий, отличающихся значительной плотностью и вязкостью, до суспензионных потоков, плотность которых больше плотности водной массы, но меньше плотности, при которой движущаяся суспензия теря-

ет турбулентность. Первые, или флюксотурбидиты ("дикий флиш") отличает флюидно-пластичная, существенно глинистая масса, в разной степени обводненная и разжиженная, которая благодаря значительной плотности и скорости движения перемещает даже такие крупные включения, как валуны и галька. Для вторых наиболее распространенными являются турбидиты с преимущественно песчано-алевропелитовой размерностью материала и градационной его упорядоченностью, повторяемой в ритмических напластованиях – от простых до сложных, что указывает на циклическое восстановление условий и процессов седиментации, которыми характеризуется каждое индивидуальное наслоение.

Турбидиты известны в современных приконтинентальных бассейнах, где они, помимо подножий материкового или островодужного склонов, приурочены также к глубоководным конусам выноса терригенного материала, котловинам, трогам и желобам. В подобных условиях (кроме желобов) они отмечались в Японском море [29, 34]. Вместе с тем, было показано [13], что в этом бассейне в настоящее время турбидиты, как правило, не образуются, накапливаются только сравнительно однородные алевропелитовые осадки. Турбидиты на дне Японского моря формировались в основном 18–20 тыс. лет назад, во время последней (позднеюрмской, или сартанской) фазы четвертичного оледенения, когда уровень моря был ниже современного примерно на 110–130 м. В это время прибрежная зона, в которую поставлялся снеженный с суши разнородный и разнозернистый материал, располагалась у бровки современного шельфа. Здесь же находились вершины подводных каньонов, по которым этот терригенный материал сносился мутьевыми потоками к подножию склона, порождая разные типы турбидитов.

Послеледниковый подъем уровня моря переместил в сторону суши береговую линию (а вместе с нею и прибрежную зону), и она заняла современное положение. Тем самым, на широких шельфах Японского моря (как и практически всех приконтинентальных морей Мирового океана) оказались пространственно разобщенными аседиментогенной зоной с реликтовыми осадками ранее непосредственно связанные зоны накопления разнозернистого терригенного материала (прибрежная) и его разгрузки (вершины каньонов). Блокирование более чем 90% выносимого с суши реками терригенного материала, осаждающегося вблизи современной береговой линии, и привело к прекращению формирования турбидитов. Глобальный характер этой закономерности подтверждают наблюдения за глубоководными кону-

сами выноса 22-х крупнейших рек мира [33]. Установлено, что все они являются реликтовыми образованиями, так как фактически "отрезаны" от своих источников снабжения терригенным материалом – устьев современных рек.

Ныне в вершины каньонов попадает, как отмечено выше, нефелоидный материал ТППВ вместе с "наилком", по размерности мало отличающиеся от взвеси, поступающей с суспензионными потоками малой плотности. Весь этот материал втягивается в вершины каньонов нисходящими потоками охлажденных вод и затем оседает в нижней части склона и у его подножья, слагая довольно однородную толщу современных осадков.

Деятельность мутьевых потоков и формирование турбидитов в современных условиях происходит в тех немногих регионах, где вершины каньонов достигают области аккумуляции терригенного материала в прибрежной зоне, особенно там, где шельф предельно узок. Таковы, например, известные каньоны Калифорнии Ла-Холла и Скриппс, черноморские каньоны в районе Пицунды и др. В Японском море к современным турбидитам можно относить отложения, вскрытые скважиной 299 глубоководного бурения [34], которые образовались за счет выноса материала из современной береговой зоны Японии по подводной долине-трогу Тояма. Это относится только к флюксотурбидитам и турбидитам, т. е. к разновидностям флиша, обусловленным особым, инъективным режимом седиментации [26], который выражается поступлением накопившегося в мелководной обстановке разноразмерного терригенного материала в глубоководную область дна в геологическом смысле практически мгновенно.

Итак, хотя условия для образования разнозернистых турбидитов в Японском море сегодня ограничены, тем не менее, здесь в глубоководной области дна установлены осадки с тонкой повторяющейся слоистостью, группирующейся в ритмы разных порядков, обусловленной чередованием светлых и темных слоев алеврито-глинистой размерности [13, 36]. Первые – существенно органогенные, с остатками кремнистых (в основном, диатомей) микроорганизмов; вторые – существенно терригенные, глинистые, с повышенным содержанием органики. По всем признакам эти тонкослоистые осадки отвечают ритмитам [3, 22, 31].

Тонкослоистые ритмиты Японского моря, состоящие преимущественно из нефелоидного материала, были подняты сначала трубками в глубоководной (свыше 2,5 тыс. м) устьевой части дна Татарского пролива [13, 18], а затем обнаружены и детально

изучены в керне скважин глубоководного бурения [36]. Материал бурения позволил хорошо изучить вещественные и структурно-текстурные особенности тонкослоистых ритмитов, а также различные климатические и гидрологические явления, отражающиеся на соотношении биогенной (преимущественно кремнистой) и терригенной составляющих осадков, при этом в качестве самых короткопериодных упоминались [36] годовые (сезонные) события. Они же могли контролировать изменения содержания в водах биогенных элементов, вызывающие другой вид чередования тонких слоев – кремнистого и карбонатного органогенного материала. Правомочность предположения подтверждает обнаружение еще одной разновидности тонкослоистых ритмитов в Японском море – *талассиотриксных илов* [7] – глинисто-кремнистых диатомых эоплейстоценовых осадков. Их образование связывается с осцилляциями продуктивности вод.

Уже при первом знакомстве с япономорскими ритмитами в колонках из прямооточных трубок [13], автором было высказано предположение, что их тонкая слойчатость образована изменчивостью содержания нефелоидного (глинистого) терригенного материала, отражающего пульсационный режим его "залповых" выбросов в паводки, сопровождающие тропические ураганы (тайфуны). Поводом для этого послужили результаты наблюдений за содержанием взвеси нефелоидной размерности в речных выносах в районе бухты Ольга (Японское море) во время прохождения тайфуна "Джуди" летом 1989 г., которое превысило межливневое более чем на три порядка. Примерно через 2,5 суток после прохождения тайфуна количество взвеси в прибрежных водах стало близким к нормативному. Достаточно частая повторяемость тайфунов (в том числе – и неоднократных в течение года) способствует быстрому поступлению в бассейн с речным стоком больших масс терригенного материала и является, по нашему мнению, основной причиной, порождающей сложную ритмику слоев разного порядка.

Несмотря на аномальный (по сравнению с обычным) характер поставки нефелоидного терригенного материала во время тайфунов в открытую часть моря, его осаждение осуществляется не из суспензионного потока повышенной плотности, как при образовании турбидитов, а по схеме "частица за частицей", хотя и в ускоренном темпе, отвечая инъективно-хроногенному режиму седиментации [25, 26]. Подобные ритмично-слоистые донные осадки вероятно нужно именовать *нефелоидными ритмитами*. Они отражают в разрезах частые, резкие и достаточ-

но равномерно повторяющиеся изменения поставки терригенного материала, связанные не только с прохождением тайфунов, но и с другими сезонно-метеоклиматическими явлениями (например, сход снежно-ледового покрова). Возможно, что и циклическая слойчатость упомянутых талассотриксных илов обусловлена циклическим разубоживанием биогенных веществ в зонах апвеллингов пресными водами, поступающими с экстремальным речным стоком в период прохождения тайфуна.

Было отмечено [16] очевидное сходство тонкослоистых (тонколаминантных в зарубежной литературе) ритмитов Японского моря и Калифорнийского залива, позволяющее предполагать и принципиально однотипные условия и механизмы их образования. Это мнение разделяет известный исследователь ритмитов Калифорнийского залива Тони Баумгартнер (Т. Baumgartner, устное сообщение автору), просмотревший фото наших колонок ритмитов Японского моря. Нельзя не отметить также совпадение основных причинных факторов формирования ритмитов Калифорнийского залива и Японского моря – метеоклиматических обстановок, определяемых сезонным прохождением через оба бассейна тропических ураганов, сопровождающихся обильными дождями.

Ритмичность осадков Калифорнийского залива, хорошо изученных по керну скважин глубоководного бурения [37], выражается, как и в Японском море, чередованием слоев с разным соотношением органогенного (преимущественно кремнистого, диатомеи) и терригенного материала. Изменение соотношений определяется чередованием паводковых и нормативных выносов нефелоидного материала, подчиненных смене годовых циклов дождливого и сухого сезонов. Слойки с обильными диатомеями отражают активность апвеллингового процесса в сухой сезон, при этом отмечается декадальная вариация годичной продуктивности. Слойки, в которых преобладает терригенный материал, соответствуют дождливым сезонам, особенно сопровождающимся прохождением тропических ураганов, когда реки поставляют в Калифорнийский залив в значительных объемах тонкий терригенный материал. Значительную роль в поставках терригенного материала играет также эоловый транспорт, особенно во время пылевых бурь в пустыне на побережье. Ритмиты отмечаются лишь в тех участках дна, где был отмечен минимум кислорода в придонном слое вод. В этих обстановках практически не встречаются организмы-илофаги, и картина наслаивания остается ненарушенной. Есть все основания полагать, что и в Японском море тонкослоистые илы образовались в аноксидной обстановке.

Необходимо отметить еще одну особенность япономорских нефелоидных ритмов: в частности, на дне Татарского пролива они ничем не отличаются (естественно, за исключением степени литификации) от тонкоритмичного миоценового флиша, наблюдавшегося автором в береговых обнажениях о-ва Сахалин у г. Корсаков. Близкие по облику разности можно видеть на фотографиях образцов из нижнемеловой флишевой формации Восточного Сихотэ-Алиня [21]. Предполагая сходство механизмов образования современных и древних тонкослоистых нефелоидных ритмов, мы можем говорить о расширении диапазона генетических разностей флиша – помимо традиционных турбидитов, формирующихся за счет поставки материала в суспензионных потоках повышенной плотности, в составе флиша нужно рассматривать нефелоидные ритмы ("*нефелоидный флиш*"). Последний образуется при нормальном ("частица за частицей"), но ускоренном осаждении из вод, переобогащенных взвесью.

И еще об одной особенности нефелоидных ритмов. Нельзя не отметить сходство их структурно-текстурных и вещественных особенностей с таковыми *контуритов* – отложений, образовавшихся в результате разноса материала придонными течениями, движущимися параллельно контурам подножий склонов. Для контуритов типично переслаивание тончайших слоек хорошо отсортированного алевролита или мелкого песка с алевроитово-глинистым или глинистым илом [22]. По некоторым представлениям, контуриты являются дистальными разностями турбидитов.

Сегодня лишь намечены критерии различия структурно-текстурных характеристик нефелоидных ритмов, контуритов и турбидитов [5, 35, 38]. Пока же можно лишь отметить, что для первых и вторых характерна преимущественно алевропелитовая размерность материала, преимущественно слоистая (по типу варв), а не градационная текстура по крупности и цвету материала, присущая последним. Нижний контакт парнослойного ритма обычно довольно резкий, внутри ритма смена прослоек достаточно отчетлива, но грани перехода размыты, что отвечает последовательности, отмечаемой [39] для тонкозернистых и тонкослоистых турбидитов, сопоставляемых с древними флишевыми осадками.

Теперь можно высказать некоторые соображения о непосредственном (причинном) механизме, формирующем упорядоченную ритмичность флиша. По логике, он требует существования таких же ритмичных и, примерно, близких по интенсивности проявления процессов, вызывающих образование и че-

редование однотипных слоев. В природе такие процессы представлены только сезонно-метеоклиматическими событиями, реализующиеся поставкой больших объемов терригенного материала. Допустимо полагать, что этот пусковой механизм образования правильной ритмики нефелоидного флиша мог быть также причиной образования турбидитов. Т.е. возникновение мутьевых потоков происходило в результате все того же экстремального, залпового выноса разнозернистого терригенного материала в зону мелководья, где эти же выносы способствовали сходу уже накопившихся нестабильных масс осадков в вершинах каньонов и на склоне и последующей их инъективной поставке к основанию склона.

Естественно, нельзя исключать возможность того, что этот периодически повторяющийся пусковой механизм схода к подножьям склонов накопившихся масс осадков мог дополняться и тектоническими толчками. Однако последние, будучи эпизодическими, могли быть причиной формирования хаотически-оползневых разностей флиша – флюксотурбидитов ("*дикий*", или *грубый* флиш), зерновых потоков, или *дебритов* (реализованы в лабораторных экспериментах), нежели таких упорядоченно-ритмичных (и часто – тонкоритмичных) разностей, как турбидиты, нефелоидные ритмы, контуриты (или дистальные турбидиты).

Изложенное приводит к выводу о том, что влияние тектонического фактора в качестве единственной причины образования мутьевых потоков, вероятно, сильно переоценивалось. Достаточно сопоставить правильную периодику турбидитовых (флишевых) ритмов с эпизодичностью землетрясений, их различной интенсивностью (а следовательно, и различными, в смысле образования ритмики слоистости, результатами воздействия). Кроме того, статистика показывает, что основное количество землетрясений составляют малоамплитудные, которые вряд ли способны быть пусковым моментом для схода суспензионных потоков. Так, например, непосредственные наблюдения за осадками, накопившимися и готовыми к сходу, в верховьях упомянутых выше каньонов Ла-Холла и Скриппс показали, что толчки силой 5, 5,8 и 6,3 балла по шкале Рихтера не только не вызвали их движения и образования мутьевых потоков, но даже не произвели сколько-нибудь существенного смещения накопившихся масс [32].

Завершая изложенное об индикационной значимости нефелоидных разностей осадков, отметим их роль при оценке минерагенических особенностей приконтинентальных бассейнов.

Поскольку для котловинного типа бассейнов нефелоидная седиментация приурочена к пространственно четко разделенным мелководной и глубоководной областям дна моря, надежная идентификация специфической разности нефелоидного материала – ТППВ – прямо указывает на положение затопленных на шельфе долин палеорек, потенциально вмещающих древние россыпи. Уже имеется опыт выделения очень перспективных объектов.

Тонкослоистые нефелоиды глубоководных областей дна находятся в парагенезе с другими относительно глубоководными донными осадками, и этот парагенез близок по составу черносланцевым формациям (толщам) древних бассейнов. Известно, что эти толщи вмещают месторождения разных видов полезных ископаемых, и в первую очередь – так называемого *тонкого золота*, причем иногда очень крупные – невадийского, или карлинского типа. Поскольку первичная концентрация золота в таких месторождениях является несомненно седиментогенной [17], изучение закономерностей формирования донных осадков-гомологов черносланцевых отложений в современных бассейнах дает возможность уточнить как конкретные условия осадкообразования, так и механизмы поступления, накопления и трансформации рудных компонентов, которые генетически связаны с осадочным процессом.

В условиях современного седиментогенеза глубоководная концентрация тонкого золота осуществляется во впадинах-ловушках тонкозернистого материала вблизи континентальных окраин, таких как впадины Мексиканского залива, антарктического шельфа, Черного и Азовского морей и других областей дна Мирового океана, донные осадки которых относятся к мельчайшим гранулометрическим классам [8, 24]. Помимо терригенной составляющей, осадки содержат значительное количество биогенного материала, сохраняющегося благодаря восстановительным условиям и способствующего аккумуляции тонкого золота. Застойные, аноксидные условия седиментации способствуют нарастанию и укрупнению золотин в илистом грунте, что отмечено для Черного и Азовского морей [8]. Поскольку структурно-текстурные особенности тонкослоистых ритмов сохраняются в аноксидной обстановке придонной среды и иловых вод, появление подобных ритмов в разрезе древних отложений может служить благоприятным поисковым критерием при оценке перспектив черносланцевых толщ на тонкое золото и сопутствующие рудные элементы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поступающий с суши тонкодисперсный терригенный материал определяет достаточно характерный элемент осадочного процесса – нефелоседиментацию, продукты которой в геологическом прошлом образуют толщи преимущественно глинистого состава. Условия их образования до конца не выяснены, однако корректному воссозданию древних обстановок образования нефелоидных отложений в палеобассейнах могут способствовать сведения об условиях аккумуляции нефелоидного материала в современных приконтинентальных морях. Определяющую роль в нефелоседиментации на мелководье играет поставка нефелоидного материала суспензионными потоками малой плотности. По особенностям этой поставки выделены три типовые природные обстановки современного приконтинентального седиментогенеза, которым соответствуют три генетических типа древних нефелоидных отложений, отличающихся специфическими литологическими особенностями: 1) приустьевой, 2) транзитно-линейной, или ТППВ, 3) шлейфа заиливания.

В глубоководных областях моря привлекают внимание ритмично-тонкослоистые (тонколаминантные) нефелоидные отложения, генетически связанные с иными суспензионными потоками – высокой плотности. Из последних наиболее характерны мутьевые потоки, порождающие турбидиты, аналоги которых в древних бассейнах составляли флишевые формации. Нефелоидные разности принадлежат дистальным фациям отложений, продуцируемых этими потоками, и подобно иным турбидитно-флишевым отложениям обладают общей для всех них текстурной особенностью – циклически-многократной вторяемостью в разрезе некоторых характерных размерных разностей, создающих разные типы флиша.

Такая ритмика нефелоидных слоев позволяет относить их к особому типу флиша – нефелоидному, образование которого обусловлено метео-климатическими факторами – чередованием резких изменений объема выносимого терригенного материала в периоды интенсивных паводков по сравнению с его объемом, поставляемым в межливневый период, что приводит к образованию на дне морей преимущественно нефелоидных осадков с разнопорядковыми сериями циклически чередующихся тонких слоев (по типу варв). Нефелоидные ритмы (нефелоидный флиш) можно относить (как и другие типы флиша) к инъективно-хроногенному типу седиментации (по С.И. Романовскому), но если флиш с грубообломочным материалом более отражает инъективный характер седиментации,



то нефелоидный флиш, соответственно – хроногенный, по схеме осаднения "частица за частицей".

Указываемые в качестве причинного фактора при образовании нефелоидного флиша метео-климатические события позволяют допускать, что и другие разновидности флиша могут быть генетически ими определяемы.

Представляемая работа поддержана грантом ДВО РАН 03-3-А-07-092.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев А.В., Лихт Ф.Р. Нефелоидный терригенный материал в мелководной области моря // Докл. АН. 2000. Т. 370, № 2. С. 257–260.
- Архангельский А.Д., Страхов Н.М. Геологическое строение и история развития Черного моря. М.-Л.:Изд-во АН СССР, 1938. 226 с.
- Ботвинкина Л.Н. Ритмит – особый тип породы смешанного состава // Литология и полез. ископаемые. 1996. № 5. С. 3–16.
- Вассоевич Н.Б. Условия образования флиша. Л.– М.:Гостоптехдат, 1951. 216 с.
- Власов Г.М. Контурные течения, проблема флиша и нефтеносность // Тихоокеан. геология. 1982. № 1. С. 101–105.
- Деркачев А.Н., Лихт Ф.Р., Марков Ю.Д. и др. Строение и состав четвертичных отложений // Геологическое строение западной части Японского моря и прилегающей суши. Владивосток : Дальнаука, 1993. С. 149–194.
- Казарина Г.Х., Мурдмаа И.О., Свальнов В.Н., Скорнякова Н.С. Талассиотриксный ил – новый тип кремнистых диатомовых осадков // Литология и полез. ископаемые. 1989. № 3. С. 128–131.
- Кардаш В.Т., Лебедь Н.И. Луцкив Я.К. Новый полигенетический тип золотоносных отложений на украинском шельфе Азово-Черноморской депрессии // Важнейшие промышленные месторождения и типы россыпей и кор выветривания. Технология оценки и освоения. М., 1997. С. 107.
- Котельников Б.Н. Транспортировка обломочного материала – основной фактор в формировании структур песчаных осадков // Вестн. ЛГУ. Геология и география. 1974. Вып. 3. С. 35–39.
- Леонов М.Г. Флиш – образование подводного склона // Литология и полез. ископаемые 1972. № 2. С. 44–54.
- Лисицын А.П. Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и в океанах. М.: Наука, 1988. 309 с.
- Лисицын А.П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. 1994. Т. 34, № 5. С. 735–747.
- Лихт Ф.Р. Современный приконтинентальный седиментогенез и типы флиша в Япономорском бассейне // Тихоокеан. геология. 1991. № 6. С. 46–53.
- Лихт Ф.Р. Современное приконтинентальное осадкообразование и реконструкции однотипных обстановок в геологическом прошлом Азии. Владивосток: Дальнаука, 1993. 238 с.
- Лихт Ф.Р. Сопоставление современного и древнего седиментогенеза с позиций метода актуализма. Владивосток: Дальнаука, 1993. 127 с.
- Лихт Ф.Р. Геодинамика и осадкообразование в позднекайнозойских приконтинентальных бассейнах восточного и западного Пацифика // Тихоокеан. геология. 1997. № 4. С. 3–16.
- Лихт Ф.Р. Рудные концентрации в приконтинентальном осадочном процессе. Владивосток: Дальнаука, 2000. 158 с.
- Лихт Ф.Р., Берсенев Ю.И. О конседиментационных нарушениях первичных структур осадков Японского моря // Периокеанический седиментогенез. Владивосток: РИСО ДВО АН СССР, 1989. С. 31–39.
- Лихт Ф.Р., Деркачев А.Н., Боцул А.И. Литодинамическая дифференциация донных отложений в седиментационных бассейнах разного морфоструктурного типа (на примере Татарского пролива) // Условия образования донных осадков и связанных с ними полезных ископаемых в окраинных морях. Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 5–24.
- Лонгинов В.В. Литодинамика материковой окраины // Лавинная седиментация в океане. Ростов: Изд-во Ростов. ун-та, 1982. С. 129–136.
- Маркевич П.В. Нижнемеловая флишевая формация восточного Сихотэ-Алиня. Владивосток: РИСО ДВФ СО АН СССР, 1970. 114 с.
- Мурдмаа И.О. Фации океанов. М.: Наука, 1987. 303 с.
- Пыхов Н.В. Возникновение и движение на шельфе суспензионных потоков малой плотности // Литодинамика, литология и геоморфология шельфа. М.: Наука, 1976. С. 36–52.
- Резник В.П., Федорчук Н.А. Тонкое золото в морских и океанических осадках // Литология и полез. ископаемые. 2000. № 4. С. 240–245.
- Романовский С.И. Динамические режимы осадконакопления (циклогенез). Л. : Недра, ЛО, 1985. 263 с.
- Романовский С.И. Физическая седиментология. Л.: Недра, ЛО, 1988. 240 с.
- Современное осадкообразование в окраинных морях Востока Азии (статистические модели). Владивосток: Дальнаука, 1997. 302 с.
- Структура осадков и фации Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. 286 с.
- Чайников В.И. Турбидиты в донных осадках Японского моря // Вопросы геологии дна Японского моря. Владивосток: РИСО ДВНЦ АН СССР, 1973. С. 115–123.
- Чистяков А.А., Щербаков Ф.А. Современные представления о генетической классификации четвертичных отложений и возможности ее использования при геокартировании материковых окраин (обзор ВИЭМС). М., 1983. 57 с.
- Bouma A.H. Methods for the study of sedimentary structures. N.Y.: Wiley, 1969. 458 p.
- Dill R.F. Earthquake effects on fill on Scripps submarine Canyon // Bull. Geol. Soc. Amer. 1980. V. 80, N 2. P. 321–327.
- Gibbs R. Sites of river-derived sedimentation in the Ocean // Geology. 1981. V. 9, N 2. P. 77–80.
- Initial reports of the Deep Sea Drilling Project. Washington: US Gov. Print. Off, 1975. V 31. 927 p.
- Lovell J.P.B., Stow D.A. Identification of ancient sandy sandstones // Geology. 1981. V. 9, N 8. P. 347–354.
- Proceedings of the Ocean Drilling Program. Sci Res. 1992. V. 127/128. Part 1 – 776 p., part 2 – 1478 p.

37. Schrader H. Diatom biostratigraphy and laminated diatomaceous sediments from the Gulf of California. Deep Sea Drilling Project Leg. 64 // Init. Repts. Of DSDP. 1979. V. 64. P. 973–981.
38. Stow D.A. Distinguishing between fine-grained turbidites and contourites on the Nova Scotian deep-water margin // Sedimentology. 1979. V. 26, N 3. P. 371–387.
39. Stow D.A., Shanmugan G. Sequence of structures in fine-grained turbidites: Comparison of recent deep-sea and ancient flysch sediments // Sediment. Geol. 1980. V. 25, N 1–2. P. 23–42.

*Поступила в редакцию 9 июня 2003 г.*

*Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой*

***F.R. Likht***

**Nepheloid deposits as indicators of the sedimentary conditions, geodynamic and mineragenic peculiarities of near-continental basins**

Major peculiarities of nepheloid material supply and distribution on the floor of the recent East Asia caldron type near-continental basins have been established. Accumulation occurs simultaneously on two spatially separated bottom areas – shallow-water and deep-water. In the shallow-water area there have been identified three typical natural environments of recent near-continental sedimentation, which produced three genetic types of ancient nepheloid deposits differing in specific features: 1) the near-river mouth, 2) transit-linear (transitional near-bottom flows, TNBF), and 3) silt-train. In the deep-water floor area there were deposited thin-bedded rhythmites, which according to their distinctive characteristics represented the nepheloid varieties of the flysch. Their formation is connected with the cyclic changing of meteorological events resulting in a supply of extreme amounts of terrigenous material into sedimentary basins. Similar events as a trigger mechanism could also induce the formation of other flysch varieties.

Nepheloid deposits are an indicator of certain mineragenic environments in the recent and ancient basins. The location of one of the genetic types of nepheloid material in the shallow-water area of the sea (TNBF) reveals paleoriver valleys sunk on the shelf, which potentially contain ancient placers. Thin-bedded nepheloid rhythmites in the relatively deep-water area of the sea are paragenetically connected with other types of bottom sediments with related deposits, corresponding to black-shale geof ormations of ancient basins. The latter often host different large mineral deposits, first of all those of the so called fine gold.