

## РОЛЬ ФЛЮВИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В РАЗВИТИИ ПОРОД ЛЕДОВОГО КОМПЛЕКСА

Г. Ф. Гравис

*Институт криосферы Земли СО РАН, 117982, Москва, ул. Вавилова 30/6, к. 74а, Россия*

Среди гипотез, посвященных происхождению пород ледового, или едомного комплекса, главными являются аллювиальная (русовая, пойменная) и эоловая гипотезы. Однако все особенности едомных толщ может объяснить только флювиальная (аллювиально-пролювиальная) гипотеза.

*Породы ледового комплекса, колебания климата, флювиальные ритмы, континентальные дельты, аллювий, пролювий*

### THE ROLE OF FLUVIAL PROCESSES IN THE EVOLUTION OF THE ICE COMPLEX SOILS

G. F. Gravis

*Earth Cryosphere Institute SB RAS, 117982, Moscow, Vavilov St. 30/6, Room 74a, Russia*

Two main theories for the origin of the soils of icy complex (or edomic deposits) to exist: (1) alluvial (channel or floodplain sediments) and (2) eolian. However only the use of the alluvial-proluvial (fluvial) theory proposed here makes it possible to resolve all the controversies.

*Soil of ice complex, climatic fluctuations, fluvial rhythms, alluvial fans, alluvium, proluvium*

### ВВЕДЕНИЕ

Высокольдистые супесчано-суглинистые толщи мощностью в несколько десятков метров, пронизанные ледяными жилами — наиболее характерное и сложное геологическое образование на большинстве крупных равнин восточного сектора криолитозоны России — в Центральной и Северной Якутии и на Чукотке. Они известны под названиями пород ледового комплекса, едомных отложений, отложений воронцовской, или мусхаинской свит. Проблема происхождения этих образований не решена до сих пор [Основы..., 1996]. От ее решения зависит познание закономерностей распространения подземных льдов на равнинах и, следовательно, качество криолитологической основы для разного рода инженерных и прогнозных геокриологических расчетов и для принятия оптимальных геозкологических решений, а также правильная интерпретация палеогеографических событий плейстоцена.

### ОСНОВНЫЕ ГИПОТЕЗЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПОРОД ЛЕДОВОГО КОМПЛЕКСА И ИХ ПРОТИВОРЕЧИЯ

Проблема происхождения синкриогенных пород ледового комплекса, или едомных отложений, волнует умы исследователей уже более

двух с половиной столетий. Первоначально главное внимание привлекали крупные залежи подземных льдов, открытые участниками Великой Сибирской экспедиции П.Лассиниусом и Х.П.Лаптевым (1735—1739 гг.). Возникали разные гипотезы их происхождения, пока, с конца XIX в., не утвердилась снежно-ледниковая гипотеза. С ее помощью легко решался вопрос о происхождении льдовмещающих отложений: это либо морена, либо отложения полых вод, прикрывающие фирн в депрессиях на поверхности равнин. Однако в 50-е г. было показано, что известные в то время крупные залежи подземных льдов имеют повторно-жильное происхождение. Теперь обострился вопрос об образовании отложений, содержащих ледяные жилы.

Большинство исследователей отнесли основную часть едомной толщи к аллювию, к которому в подчиненном количестве примешиваются другие отложения (озерные, делювиальные, биогенные и др.). Спор шел, в основном, о том, представлены ли речные отложения пойменным аллювием [Попов, 1955; Катасонов, 1958; Розенбаум, 1973] или же это русловые отложения [Лаврушин, 1963; Равский, 1972]. Основной довод против пойменного происхождения едомы: при большой мощности отложений (до 40—60 м и более) аллювиальная толща может быть только

констративной, но в таком случае в ее составе должны преобладать русловые накопления. Сторонники пойменного происхождения едомы возражали: миграция русел должна сопровождаться частичным размывом отложений и подтаиванием ледяных жил, но следов такого подтаивания не обнаружено.

В результате быстро развивающихся палеогеографических и стратиграфических исследований в составе плейстоценовых отложений Сибири были выявлены четыре ледниковых и три межледниковых горизонта, ледниковые же эпохи разделены на 2—3 фазы, основные из которых холодная, влажная (криогигротическая) и холодная, сухая (криоксеротическая) [Гитерман и др., 1968; Равский, 1972]. Сторонники аллювиального генезиса едомы вписывали свои представления в эту сложную последовательность палеогеографических событий с трудом. Отмечалось, что в ходе изменений климата главное своеобразие аллювию придают криогенные геологические процессы: криогенное выветривание, подземное льдообразование и термокарст [Лаврушин, 1963; Каплина, 1987]. Флювиальные же процессы претерпевают сравнительно небольшие изменения: происходит перегрузка рек мелкоземистым материалом, русло дробится на многочисленные рукава и протоки, перстративная аккумуляция аллювия переходит в констративную. При этом линейная форма флювиальной аккумуляции не теряется. Как же в таком случае объяснить покрывное залегание едомы? Упомянулись деятельность мелких речек [Лаврушин, 1963], широкие разливы рек [Романовский, 1958], но четкого ответа не было. Образовавшуюся логическую нишу заполнила эоловая гипотеза. Она была и остается очень популярной у американских исследователей. В России много труда в ее развитие вложил С. В. Томирдиаро [1980; Томирдиаро и др., 1987]. Эоловая гипотеза легко и гибко вписывается в сложную схему изменений климата. С ее помощью можно объяснить появление тонкодисперсных осадков на любых поверхностях независимо от их высоты, возраста и генезиса. Однако эоловому происхождению едомы противоречат многие ее особенности.

Эоловая гипотеза не объясняет происхождение слоистости флювиального типа, которая проявляется в подавляющем большинстве едомых толщ. Четкость ее зависит от гранулометрической контрастности отложений: чем выше контрастность, тем яснее слоистость. Четкость проявления слоистости уменьшается по мере удаления от долин крупных рек вглубь междуречий. Тренд изменения гранулометрического состава отложений по мере удаления от источников сноса полностью зависит от уклонов местности и не обнаруживает связи с предполагаемыми направлениями переноса эоловой пыли.

Эоловая гипотеза не в состоянии объяснить прерывистость покрова едомных отложений, на что указывали многие авторы [Суходровский, 1979]. Известны многочисленные случаи, когда участки, лишенные пород ледового комплекса, примыкают к участкам, где этот покров имеет большую мощность. На южном крыле Виллюйской синеклизы имеются районы, где породы ледового комплекса развиты только в депрессиях, тогда как в пределах положительных неотектонических структур на поверхность выведены меловые пески.

### АЛЛЮВИАЛЬНО-ПРОЛЮВИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ФЛЮВИАЛЬНЫХ РАВНИН

Опыт многолетних работ в разных районах Центральной и Северной Якутии позволил предложить аллювиально-пролювиальную модель формирования флювиальных равнин криолитозоны [Гравис, 1996]. Эта модель основана на представлениях об изменении эрозионно-аккумулятивной деятельности водотоков в климатических ритмах плейстоцена и голоцена. Наиболее крупные ритмы, соответствующие ледниковым эпохам, качественно меняли форму флювиальной аккумуляции — из линейной она переходила в площадную. Наряду с поймами, сложенными аллювием, начали формироваться континентальные дельты, отложения которых большинство российских геологов-четвертичников относят к пролювию. Неравномерный ход процессов седиментации на севере Якутии, обусловленный, в основном, тектогенезом, установили В.Н.Конищев и Г.Г.Карташова (1973). Флювиальные ритмы, о которых говорится здесь, более мелкие, они отражают ритмы климатических изменений и происходят на фоне более крупных тектонических ритмов.

В криогигротическую стадию климатических ритмов увеличивается жидкий сток, активизируются криогенное выветривание, склоновые процессы и эрозия в верховьях водотоков, что ведет к перегрузке рек влекомыми и взвешенными наносами, разделению единых русел на протоки и рукава, днища которых наращиваются вверх за счет отложения все новых порций аллювия. Формируются констративные аллювиальные толщи, представленные, в основном, русловыми фациями. За счет этого днища долин повышаются. Если долины врезаны глубоко и борта их сложены скальными породами, то линейная форма флювиальной аккумуляции не теряется. Другое дело аккумулятивные равнины, где долины неглубокие, а борта их сложены льдистыми дисперсными породами. Такие долины быстро расширяются и в них начинают формироваться континентальные (наземные) дельты. Сначала боковая речная эрозия уничто-

жает часть аллювия надпойменных террас, замещающая его пролювием дельт, а затем по мере расширения дельт и ослабления эрозионной способности проток прекращается размывание и начинается погребение аллювия надпойменных террас и отложений, слагающих междуречья.

Континентальные дельты зарождаются в тех местах вдоль продольного профиля рек, где падает энергия водного потока или он оказывается перегруженным наносами: при выходе рек с гор или возвышенностей на равнину, при впадении мелких рек в более крупные, при вступлении рек из положительных неотектонических структур в отрицательные и др., да и сам процесс перемещения наносов в русле создает условия для чередования участков эрозии и аккумуляции.

Континентальные дельты на равнинах разрастаются и сливаются друг с другом, образуя в конце концов единый флювиальный покров. Он состоит из остова, созданного крупными реками в виде сливающихся и расходящихся полос констративного аллювия, и заполнителя клеток этого остова в виде пролювия, отложенного радиально расходящимися протоками континентальных дельт. В эрозионной фазе, которая начинается в конце холодной климатической фазы и охватывает всю теплую фазу, сначала врезаются крупные реки, которые частично уничтожают остов из констративных аллювиальных толщ, и по мере развития этого процесса развивается эрозионное, термоэрозионное и термокарстовое расчленение заполнителя ячеек — пролювия.

### ФАКТЫ, ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ ФЛЮВИАЛЬНОЕ ПРОИСХОЖДЕНИЕ ПОРОД ЛЕДОВОГО КОМПЛЕКСА

Аллювиально-пролювиальная модель объясняет главные особенности едомных отложений (или пород ледового комплекса).

— Их констративное строение и, в основном, субаэральное происхождение, четкие следы процессов почвообразования на всех уровнях едомных толщ.

— Наличие тонкодисперсных отложений, сходных с пойменным аллювием и отсутствие следов размыва ледяных жил при перемещении проток (в отложениях краевой зоны континентальных дельт, где вода движется без русел по задернованной поверхности) и в то же время наличие отложений с явными следами русловой деятельности водных потоков (это или отложения вершинной зоны континентальных дельт с четко выраженными руслами проток, или констративный аллювий).

— Наличие приустьевых террас в долинах мелких притоков крупных рек перед выходом последних из плоскогорного окружения на равнину (Центральная Якутия). Впервые наличие таких террас установил С.С.Коржуев (1958).

Они известны в долинах притоков средней Лены и нижнего Вилюя и свидетельствуют о накоплении руслового констративного песчаного аллювия в долинах крупных рек. Этот аллювий создавал плотины в приустьевых частях долин мелких притоков. Выше по течению от плотин возникали подпрудные водоемы, доказательством существования которых является отсутствие синкриогенного аллювия в днищах и бортах узких долин подпруженных речек. Сами приустьевые террасы — это нечеткие площадки, возникшие на эрозионной фазе при врезе русел притоков магистральных рек в песчаную плотину.

— Ритмичное строение двух типов. Первый тип — ритмы, обусловленные изменениями гранулометрического состава отложений: от песчано-гравийных с включениями гальки в основании ритмов до супесчано-суглинистых в их верхней части. Такая ритмичность характерна для вершинной зоны континентальных дельт, развитых преимущественно по краям равнин вблизи источников сноса продуктов выветривания скальных и полускальных пород. Второй тип представлен супесчано-суглинистыми отложениями и обусловлен изменениями их криогенного строения. В основании ритмов залегают отложения с вогнутослоистыми криогенными текстурами, которые сверху переходят в отложения с микросетчатыми, микролинзовидными и льдоцементными криогенными текстурами. Первые из них образовались в заболоченных ложбинах на поверхности континентальных дельт, что доказывается ассоциацией этих текстур с оглшенностью и оторфованностью, характерными для пород сезонноталого слоя минимальной мощности (40—60 см). В споропыльцевых спектрах этих отложений преобладают споры зеленых мхов и пыльца осок и пушицы. По мере заполнения ложбин пролювием поверхность дельт повышается, дренаж улучшается, увеличивается глубина сезонного протаивания и интразональная болотная растительность уступает место зональным тундростепям, индикатором которых является пыльца злаков и полыней. Отложения с этим типом ритмичности характерны для краевой зоны континентальных дельт, особенно для дельт, удаленных от источников сноса продуктов выветривания. Мощность ритмов обоих типов порядка 2—6 м.

— Наличие льдистого горизонта в основании едомных толщ, представленного, в основном, озерно-болотными и таберальными образованиями, содержащими разнообразные тела инъекционных льдов. Образование горизонта происходило на самом внешнем крае континентальных дельт.

— Измельчение отложений едомы в двух основных направлениях — вниз по течению рек

и в направлении от долин крупных рек вглубь междуречий.

— Увеличение льдистости отложений по мере удаления от областей сноса и соответственно уменьшение скорости осадконакопления. Чем меньше эта скорость, тем выше льдистость синкриогенных отложений. Это объясняет происхождение едомы субарктического типа, менее льдистой и приближенной к областям сноса, и арктической едомы, удаленной от областей сноса и чрезвычайно льдистой (Арктиды) [Томирдиаро, 1980].

— V-образное вложение более молодого пролювия вершинной части континентальных дельт в более древние слои. Неучет этих соотношений создает путаницу при датировании едомных отложений.

— Развитие едомных отложений преимущественно вдоль крупных рек — Омолая, Яны, Индигирки, Колымы и др., а также вдоль подножия гор и плоскогорий, окаймляющих равнины. На междуречьях рек Северной Якутии развиты озерно-болотные поверхности, в пределах которых пролювиальное осадконакопление шло очень медленно или вовсе не происходило [Гравис, 1978].

Во избежание недоразумений нужно заметить, что аллювиальные и пролювиальные отложения не единственные генетические типы четвертичных отложений в составе осадочного чехла флювиальных равнин. Они преобладают и им принадлежит организующая роль в распределении менее распространенных конседиментационных озерных, склоновых и биогенных отложений, а также постседиментационных золотых и аласных (термокарстовых) образований.

Работа поддержана грантами РФФИ (проекты 95-05-15371а и 97-05-65600).

### Литература

Гитерман Р.Е., Голубева Л.В., Заклинская Е.Д. и др. Основные этапы развития растительности Северной Азии в антропогене. М., Наука, 1968, 272 с.

Гравис Г.Ф. Цикличность термокарста на Приморской низменности в верхнем плейстоцене и голоцене // Proceedings

of the Third International Conference on Permafrost. Ottawa, 1978, p. 283—287.

Гравис Г.Ф. Аллювиально-пролювиальная модель формирования многолетнемерзлых толщ на флювиальных равнинах криолитозоны // М-лы Первой конференции геокриологов России. Кн.1. М., 1996, с. 186—192.

Каплина Т.Н. Закономерности развития криолитогенеза в позднем кайнозое на аккумулятивных равнинах Северо-Востока Азии / Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук: Якутск, 1987, 41 с.

Катасонов Е.М. Ледяные жилы и причины изгибания слоев в мерзлых четвертичных отложениях // М-лы к основам учения о мерзлых зонах земной коры. Вып. IV. М., Изд-во АН СССР, 1958, с. 21—33.

Катасонов Е.М., Иванов М.С. Криолитология Центральной Якутии // Путеводитель II Международ. конф. по мерзлотоведению. Якутск, 1973, 38 с.

Коницев В.Н., Карташова Г.Г. Кайнозойские отложения низовьев рек Яны и Омолая // Проблемы криолитологии. Вып.3. М., Изд-во МГУ, 1973, с. 63—88.

Коржув С.С. Геоморфология долины Средней Лены и прилегающих районов. М., Изд-во АН СССР, 1959, 152 с.

Лаврушин Ю. А. Аллювий равнинных рек субарктического пояса и перигляциальных областей материковых оледенений. М., Изд-во АН СССР, 1963, 268 с.

Основы геокриологии. Ч.2. // Литологическая гео-криология/ Под. ред. Э.Д.Ершова. М., Изд-во МГУ, 1996, 400 с.

Попов А.И. Происхождение и развитие мощного ископаемого льда // М-лы к основам учения о мерзлых зонах земной коры. Вып. II. М., Изд-во АН СССР, 1955, с. 5—24.

Равский Э.И. Осадконакопление и климаты Внутренней Азии в антропогене. М., Наука, 1972, 336 с.

Розенбаум Г.Э. Современный аллювий равнинных рек Восточной Субарктики // Проблемы криолитологии. Вып. III. М., Изд-во МГУ, 1973, с. 7—62.

Романовский Н.Н. Палеогеографические условия образования четвертичных отложений острова Большого Ляховского (Новосибирские острова) // Вопросы физической географии полярных стран. Вып.1. М., 1958, с. 80—88.

Суходровский В.Л. Экзогенное рельефообразование в криолитозоне. М., Наука, 1979, 280 с.

Томирдиаро С.В. Лессово-ледовая формация Восточной Сибири в позднем плейстоцене и голоцене. М., Наука, 1980, 184 с.

Томирдиаро С.В., Черненький Б.И. Криогенно-золотые отложения Восточной Арктики и Субарктики. М., Наука, 1987, 200 с.

Поступила в редакцию  
6 июня 1997 г.