

Л. М. Гаррисон, В. Н. Коротаев, А. Ю. Сидорчук **ПАЛЕОГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ДЕЛЬТОВОЙ РАВНИНЫ р. ЕНИСЕИ**

Дельта Енисея представляет собой сравнительно молодое аккумулятивное образование, возникшее в период стабилизации послеледниковой трансгрессии 5—7 тыс. лет назад, когда уровень моря достиг современного положения. В подтопленной речной долине образовался узкий залив длиной 400 км. Заполнение его речными и морскими наносами шло медленно. К настоящему времени дельтовая равнина занимает третью часть эстуария (4500 км²), а дельтовые отложения и подводные русловые формы прослеживаются в Енисейской губе на 130 км от края надводной дельты до мыса Сопочная Корга, где сейчас формируется устьевой бар. Геоморфология Енисейской дельты и русловые процессы в дельтовых рукавах изучены недостаточно [2; 3; 6; 7].

Дельта Енисея — типичная многорукавная дельта заполнения заливов, процессы образования которой полностью определяются речными факторами. В пределах устьевой области собственно дельта занимает 200-километровый участок от мыса Крестовского до Яковлевской косы. За ее вершины принимают створ мыс Крестовский — устье р. Малая Хета, где долина приобретает вид расширяющейся вниз по течению воронки. Ширина и генеральное направление долины в низовьях Енисея структурно обусловлены и связаны с тектоническими разломами фундамента [1]. Дельту Енисея в установленных границах можно разделить на два геоморфологических района: древнедельтовый и современнодельтовый, в пределах которых выделяются несколько морфологических и возрастных разновидностей пойм. В основу анализа дельтовой равнины положены определения абсолютного возраста некоторых островов, их относительная высота и метод дешифрирования тональности фотоизображения и геометрии контуров на аэроснимках. Чем выше (и древнее) пойменный массив и чем реже он заливается полыми водами, тем большую роль в моделировании рельефа играют вторичные мерзлотные процессы (появляются полигоны, термокарстовые озера и котловины), а фотоизображение таких поверхностей отличается более светлым тоном по сравнению с темными (и молодыми) участками, еще не освоенными мерзлотой. Мерзлотные полигоны на гривистой пойме образуются сложной системой ортогональных трещин, которые или параллельны, или перпендикулярны русловым гривам. В результате даже при полной нивелировке первичного руслового рельефа он отчетливо просвечивается мозаикой жильных льдов.

Древняя дельтовая пойма возвышается над меженным урезом на 8—10 м. Она сильно переработана мерзлотными и эрозионными процессами. Преобладают две ее разновидности: с омоложенным русловым рельефом и мерзлотным рельефом. Поверхность первой часто заливается в половодье; большое количество крупных термокарстовых озер и мелких извилистых протоков, направление которых соответствует направлению стока полых вод. Полигональный мерзлотный рельеф развит слабо или отсутствует. Поймы второй разновидности в половодье не заливаются; на днищах заиленных термокарстовых озер — полигоны и бугры. Русловой рельеф сохранился плохо, прослеживаются только русла мелких проток, направление которых не совпадает со стоком полых вод.

Очень старая дельтовая пойма поднята над меженным уровнем на

6—8 м. Ее поверхность в высокую воду практически не заливается, первичный рельеф сильно переработан мерзлотными процессами. Полностью он уничтожен там, где формировались крупные термокарстовые озера. Эта пойма составляет основу рельефа древнедельтового геоморфологического района. По характеру первичного руслового рельефа она разделяется на два типа: островную и сегментно-гривистую. Островная очень старая пойма отличается наличием элементарного острова — ядра островной поймы и отходящих от него повышенных прирусловых валов, нарастающих вниз по течению. Между ними располагается пониженная центральная пойма острова. Сегментно-гривистая пойма образовалась при причленении к островам побочной, процесс ее формирования обычно сопровождается размывом островной поймы на вогнутых берегах излучин, которая часто замещается сегментно-островной при перемещении излучин вниз по руслу.

Старая дельтовая пойма имеет высоту 7—10 м в вершине дельты и снижается до 3—5 м к ее морскому краю. Она заливается только в самые высокие паводки. Первичный русловой рельеф на ее поверхности сохранился хорошо, мерзлотные формы лишь подчеркивают его. Старая дельтовая пойма развита в древнедельтовом геоморфологическом районе в виде островной и сегментно-гривистой, узкими лентами окаймляющими массивы древней и очень старой поймы.

Зрелая дельтовая пойма развита повсеместно, имеет высоту 6—8 м у вершины дельты и 2—4 м — ближе к ее морскому краю, заливается в высокие половодья. Первичный русловой рельеф сохранился хорошо, мерзлотные полигоны встречаются только на самых повышенных участках. Среди массивов зрелой поймы выделяются следующие морфологические типы: островная, сегментная и мелкоостровная. Островная зрелая пойма широко развита в современнодельтовом геоморфологическом районе. В центральных частях древнедельтового района при дальнейшем отмирании рукавов между массивами древней и старой пойм формируется мелкогривистая сегментная зрелая пойма. Этот же процесс приводит к образованию мелкоостровной поймы, так как при отмирании некоторые рукава (Охотский Енисей, протока Дикая) начинали фуркировать, разветвляясь на сеть более мелких протоков небольших осередками.

Молодая дельтовая пойма распространена повсеместно. Она имеет высоту 2—4 м у вершины и 1—2 м — в приморской части дельты. Заливается водой в половодье и во время сильных нагонов. Поверхность ее не изменена мерзлотными процессами, хотя толща отложений скопана мерзлотой и встречаются жильные льды. Островная молодая пойма встречается только в западной части современнодельтового района в виде сложной проточно-островной формы. В восточной части этого геоморфологического района молодая пойма представлена в основном ее крупногривисто-сегментной разновидностью в виде крупных заросших побочной, окаймляющих острова со зрелой поймой. Встречается здесь и мелкоостровная молодая пойма (о-ва Песчаные, Гусиные). В древнедельтовом геоморфологическом районе развиты мелкогривистая сегментная и мелкоостровная молодая поймы в отмирающих протоках.

Высокие пески (относительная высота над меженным уровнем от 1—2 м в вершине до 0,5 м на морском крае дельты) представлены осередками, косами, побочными, систематически заливаемыми в половодье и нагоны. Большая часть высоких песков образует осередки и побочники в протоках между дельтовыми островами. Частично к ним относятся обсыхающие отмели на приустьевых косах.

Строение и вещественный состав пойменных отложений в дельте Енисея весьма однообразен: это тонкие и мелкие пески, крупные и мелкие алевриты с очень тонкой горизонтальной слоистостью, сильно заторфованные. Вся толща пойменных отложений скована мерзлотой. Фациальные различия между аллювием островной, сегментно-гривистой, прирусловой и центральной поймами выражается в большей или меньшей заторфованности и заиленности пойменных отложений. Наиболее заторфованы и заилены отложения центральных частей островной поймы. Осадки прирусловой сегментной поймы более опесчанены.

С некоторых островов дельты Енисея были отобраны образцы на спорово-пыльцевой и радиоуглеродный анализы. Датировки по ^{14}C были выполнены в Лаборатории новейших отложений географического факультета МГУ (табл. 1). Все изученные разрезы пойменных отло-

Таблица I

Датировка пойменных отложений дельты р. Енисея

№ п/п	Тип поймы	Остров	Высота поймы над межениым урезом, м	Высота над урезом места отбора образца, м	Возраст, лет назад	Метод датирования	Коэффициент $K \cdot 10^{-2}$ в формуле (3), м ² /год	Время начала образования поймы, лет назад
1	очень старая островная	Алешинский	7,0	1,5	5000	спорово-пыльцевой	0,93	5000
2	то же	»	7,0	6,0	1400	»	0,93	5000
3	зрелая сегментно-гривистая	Никандровский	5,0	3,0	1020 ± 140	^{14}C МГУ-743	1,57	1000
4	зрелая островная	Чаяшный	3,5	2,0	1140 ± 140	^{14}C МГУ-744	0,72	1400
5	то же	Судный	4,5	2,0	1400	спорово-пыльцевой	1,16	1500
6	то же	Лопатный	3,5	3,0	300 ± 150	^{14}C МГУ-736	1,08	1000
7	молодая сегментно-гривистая	Васильевский	4,0	2,5	160 ± 140	^{14}C МГУ-745	6,09	250
8	то же	Поликарповский	5,0	4,0	190 ± 90	^{14}C МГУ-738	4,74	500

жений одновременно охарактеризованы спорово-пыльцевым анализом, выполненным Л. М. Гаррисон. Оценка возраста характерных пиков на спорово-пыльцевых диаграммах позволила датировать отдельные слои разрезов, не получившие возрастную оценку радиоуглеродным методом.

Для определения времени осадконакопления пойменных отложений по абсолютным датировкам отдельных слоев толщи предлагается следующий расчетный прием: мощность слоя наносов Δh , откладывающаяся на пойме за время затопления поймы Δt , будет

$$\Delta h = \frac{\rho_{\text{ср}} H \cdot v}{\sigma l} \Delta t, \quad (1)$$

где $\rho_{\text{ср}}$ — мутность пойменного потока; H — слой воды; v — скорость потока; σ — объемный вес взвешенных наносов; l — расстояние разноса наносов по пойме. Поиск этих значений представляет большие трудности, поэтому предлагается следующее преобразование (1) с учетом

того, что с ростом поймы уменьшаются мутность, скорость потока, слой воды на пойме и время его стояния

$$\frac{dh}{dt} = \frac{k}{h^n}, \quad (2)$$

где h — высота поймы; t — непрерывное время; k — коэффициент, отражающий активность поймообразования. Показатель степени n для условий дельты Енисея найден по датировкам отложений о-ва Алешинского (при условии неизменности коэффициента k во времени) и равен величине, близкой к 1. Тогда решение (2) будет

$$h_n^2 - h^2 = kt, \quad (3)$$

где h_n — высота современной поймы; h — высота поймы в момент времени t ; t — время, отсчитываемое назад.

С помощью (3) рассчитан коэффициент k и время начала (t_0) формирования пойменного аллювия на дельтовых островах (см. табл. 1). Из таблицы видно, что активность формирования поймы больше у сегментно-гивистых пойм. В то же время пространственная изменчивость активности накопления островной поймы в приморской части дельты невелика, в среднем $k=1,0 \cdot 10^{-2}$. Пользуясь этим выводом, можно примерно оценить возраст различных участков дельты р. Енисей в пределах Танамо-Мунгуйского расширения (табл. 2).

Таблица 2

Гидрологические характеристики дельты р. Енисея на основных этапах ее развития

Этапы	Период, лет назад	Годовой сток воды в вершине дельты, км ³	Годовое количество наносов, оседавших в дельте, млн. т	Тип поймы
I	7000—6000	—	15,3	древняя
II	6000—4000	1300	15,4	очень старая
III	4000—2000	1100	14,3	старая
IV	2000—800	950	23,3	зрелая
V	800—0	600	19,0	молодая

Климатические изменения в голоцене не могли не отразиться на режимных характеристиках стока воды и наносов в дельте Енисея. Некоторое представление о палеостоке воды могут дать морфометрические показатели древних рукавов дельты Енисея, а именно их ширина (B) и шаг излуцины (L). Для современных рукавов были получены следующие зависимости между шириной B , шагом излуцины L и руслоформирующим расходом воды Q_ϕ [5]:

$$L = 79,4\sqrt{Q_\phi}, \quad (4)$$

$$B = 47,6Q_\phi^{0,43}. \quad (5)$$

По морфометрическим характеристикам древних русел дельты и зависимостям (4) и (5) были определены руслоформирующие расходы в рукавах дельты на разных этапах ее развития (табл. 3). Современный руслоформирующий расход (70 тыс. м³/с в вершине дельты) в 3,74 раза больше современного среднегодового расхода воды. Если предположить, что форма кривой обеспеченности расходов воды не испытывала в голо-

цене значительных изменений, то можно определить среднегодовой расход воды, поступавший в вершину дельты Енисея на разных этапах ее развития. Таблица 2 показывает, что сток воды, поступавший в дельту Енисея, уменьшался в течение второй половины голоцена довольно высокими темпами (на 250 км³ за тысячелетие). При анализе данных водопоста Игарка тенденция к уменьшению стока воды во времени прослеживается и в настоящее время [4].

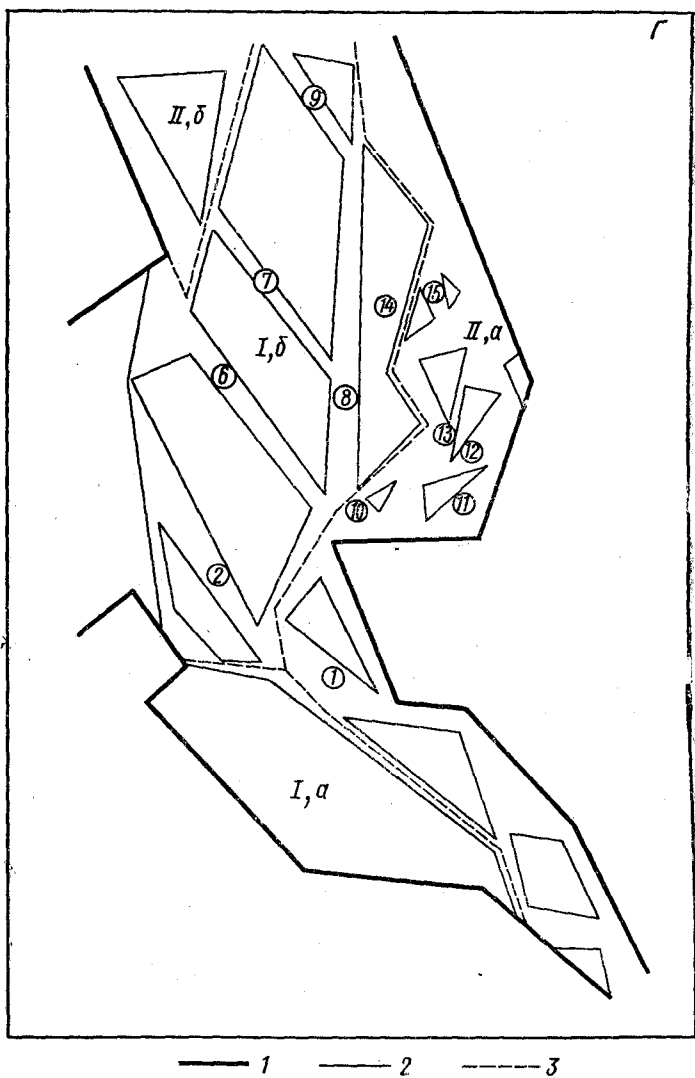
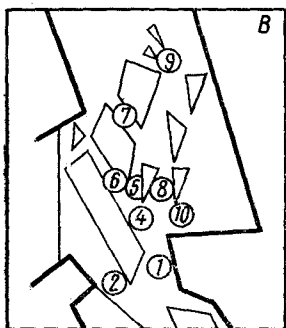
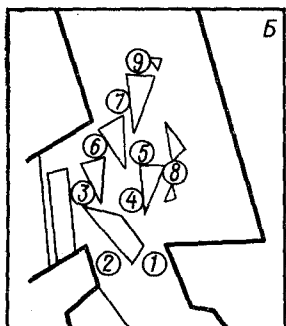
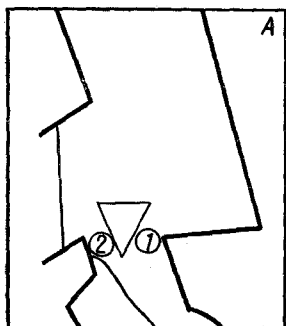
Расчет палеостока наносов более сложен и менее точен. Цифровой материал для табл. 2 получен после операций с площадями разных типов пойм, развитых в дельте Енисея, и мощностью пойменных отложений (с учетом льдистости и заторфованности). Возрастание доли наносов, идущих на построение дельты, можно объяснить увеличением со временем количества мелких протоков, в которых они интенсивно оседали. В настоящее время в дельте Енисея аккумулируется 52% поступающих сюда взвешенных наносов, из которых 32% остается в восточной и 20% — в западной частях современнодельтового геоморфологического района.

Заполнение речными наносами Енисейского эстуария и формирование современной дельты происходило несколькими этапами (рисунок). На 1 этапе продолжительностью около 1000 лет основной сток Енисея проходил вдоль западного побережья залива. Накопление аллювия и выдвигание дельты на участке от устья р. Малая Хета до мыса Адросоля шло за счет активного развития левобережных рукавов, которые в настоящее время сохраняются в виде узких протоков и извилистых понижений. Можно предположить, что в пределах Крестовых-Муксунинского расширения долины функционировали древние аналоги протока Широкой и Большой. У мыса Муксунинского формировался устьевой бар, к концу первого этапа составивший ядро о. Лукинского.

По мере заполнения залива и выдвигания внешнего края дельты в Танамо-Мунгуйское расширение основной сток и область аккумуляции смещаются в центральную часть залива, открывая II этап развития дельты, продолжительностью 2000 лет. Выше мыса Муксунинского складывается первый узел разветвления из двух дельтовых рукавов — Широкой и Енисея. Последний концентрировал в себе две трети стока воды и положил начало формированию очень старых пойменных рукавов. Ниже Муксунинского мыса Енисей разделяется тоже на два рукава — Охотско-Бреховский и Малый Енисей, примерно одинаковые по водности. Наиболее сильно разветвляется Охотско-Бреховский рукав, от которого отделяются протоки Дикая, Охотская, Алешинская, Горелова и др. В западной и восточной частях Танамо-Мунгуйского расширения по обеим сторонам выдвигающейся дельты оставались глубоко вдающиеся заливы Дерябинский и Большеенисейский, в которых формировались подводные песчаные банки, ориентированные вдоль залива и заложившие основу старых пойменных островов.

III этап формирования дельты Енисея начинается с выполнения остаточных заливов, причем преимущественное развитие получает восточная часть дельты, куда направлялся основной сток воды и наносов. Наиболее характерным является отмирание многих рукавов предыдущего этапа. Заполняется наносами ранее весьма активный и крупный рукав Охотский Енисей; происходит консолидация островов Бреховского архипелага в единый пойменный массив, отмирает протока пр. Широкая. Древняя дельтовая пойма подвергается сильному размыву, а первичный русловой рельеф местами погребается под новейшими отложениями.

Отмирание многих рукавов, несших свои воды в западную часть



Динамика гидросети дельты р. Енисея и геоморфологическое районирование дельты
 А—1-й этап; Б—2-й этап; В—3-й этап; Г—4—5-й этапы (этапы развития соответ-
 ствуют табл. 2). I—древнедельтовый район (а) с омоложенным русловым рельефом;
 (б) с реликтовым русловым рельефом; II—современодельтовый район (а) восточ-
 ный; (б) западный. 1—борта долины Енисея; 2—границы пойменных массивов; 3—
 границы геоморфологических районов; цифры в кружочках—номера проток по
 табл. 3

дельты, приводит к все большей концентрации стока в восточном, Боль-
 шеенисейском заливе, где продолжается активная аккумуляция наносов.
 На IV этапе дельтообразования (1200—1500 лет назад) здесь появ-
 ляются острова и происходит дробление Большого Енисея на систему
 более мелких проток и рукавов. В устье Дерябинского Енисея обра-
 зуется множество мелких островов.

На современном V этапе развития Енисейской дельты, начало кото-
 рого определяется 800 лет назад, продолжается заполнение речными

**Распределение руслоформирующих расходов по рукавам дельты Енисея
на основных этапах ее развития**

№ п/п	Рукав	Расход воды			
		II этап	III этап	IV этап	V этап
1	Енисей	115 000	100 000	95 000	70 000*
2	Широкая	50 000	31 000	16 000	2 800
3	Дикая	6 000	—	—	—
4	Бреховско-Охотская	57 000	31 000	—	—
5	Бреховская	31 000	14 000	250	250
6	Охотская	16 000	15 000	10 000	2 200*
7	Алешинская	16 000	6 000	2 000	250
8	Мал. Енисей	52 000	52 000	22 000	17 000*
9	Горелова	6 500	1 200	250	150
10	Бол. Енисей	—	17 000	70 000	50 000*
11	Кам. Енисей	—	—	15 000	10 000*
12	Судная	—	—	5 000	3 500*
13	Чаяшная	—	—	8 300	5 700*
14	Лопатная	—	—	18 000	12 400*
15	Турушинская	—	—	24 000	16 500*

* По измерениям.

отложениями узких остаточных заливов вдоль коренных бортов долины по Дерябинскому и Каменному Енисею. Основной сток воды и наносов продолжает перемещаться к правому берегу. Формирующаяся в настоящее время молодая пойма дельтовых островов приурочена к косам в ухвостье островов, к недавно возникшим осередкам и побочням. В русле Енисея возникают многочисленные отмели и осередки, не закрепленные растительностью. Аккумуляция основной части твердого стока реки в остаточных заливах с глубинами 20—40 м замедляет процесс наращивания надводной части дельты. Анализ картографического и аэро-съемочного материала за последний 20-летний период показывает, что скорость выдвигания внешнего края дельты в Енисейскую губу составляет не более 20 м/год, что крайне незначительно для такой многоводной реки, как Енисей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горы и равнины Сибири. М., 1975.
2. Иванов В. В., Гиляров Н. П. Режим нижеенисейских перекатов, расположенных в зоне влияния моря. — Тр. ААНИИ, Л., 1965.
3. Иванов В. В., Гиляров Н. П. Экспериментальные исследования перераспределения стока в дельте р. Енисей. — Труды ААНИИ, т. 297. Л., 1972.
4. Иванов В. В., Осипова И. В. Сток в устьевой области Енисея и его многолетняя изменчивость. — Труды ААНИИ, т. 308. Л., 1974.
5. Оценка возможных изменений морфологии русел водотоков и гидрографической сети дельты р. Енисей / Коротаев В. Н., Михайлов В. Н., Милошевич В. А. и др. — Тез. докл. совещ. «Природа Арктики в условиях межзон. распред. водных ресурсов». Л., 1980.
6. Сакс В. Н., Антонов К. В. Четвертичные отложения и геоморфология района Усть-Енисейского порта. — Труды Горно-геол. упр. Главсевморпути, вып. 16. Л., 1945.
7. Стрелков С. А. О некоторых особенностях гидрографической сети в низовьях Енисея. — Изв. ВГО, т. 81, вып. 5, 1949.