

Р. С. ЧАЛОВ, С. Р. ЧАЛОВ

МОРФОЛОГИЯ СКАЛЬНОГО РУСЛА РЕКИ АНГАРЫ НА УЧАСТКАХ БОГУЧАНСКОГО И МОТЫГИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ

Дается оценка морфологии и условий формирования скального врезанного русла р. Ангары в зоне затопления строящегося Богучанского и проектируемого Мотыгинского водохранилищ. Особое внимание обращается на разветвления, преобладающие на этом участке. Рассматриваются морфологические особенности и закономерности распространения разветвлений разного генезиса, структурного уровня и морфодинамического типа. Дается морфологический анализ врезанных излучин. Выявляются некоторые особенности русловых деформаций, условия образования перекатов.

Ключевые слова: скальное русло, разветвления, врезанные излучины, шиверы.

An assessment is made of the morphology and formation conditions of the incised rocky channel of the Angara river in the impounding zone of the Boguchanskoye reservoir under construction and of the projected Motyginckoye reservoir. Special attention is paid to the forks dominating this stretch of the river. We examine the morphological features and the occurrence patterns of the forks of a different genesis, structural level and morphodynamical type. A morphological analysis is made of the incised bights. The study revealed some characteristic properties of channel deformations, and the formation conditions of sand spits.

Keywords: rocky channel, forks, incised bights, rapids.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Создание водохранилищ и, тем более, их каскадов сопровождается исчезновением речных русел. В результате утрачивается возможность оценки форм проявления русловых процессов, в основном на больших и крупнейших реках, русла которых иногда формируются в специфических условиях. Только во второй половине XX в., когда уже развивалось гидротехническое строительство, были разработаны основные подходы к типизации речных русел, методы натурных исследований их морфологии и динамики, гидролого-морфологического анализа, проявился интерес к русловым процессам на больших реках, тогда как ранее внимание обычно было сосредоточено на малых и средних реках.

В связи с этим очевидны потери информации, произошедшие из-за неизученности Волги и Камы, Ангары и Енисея, Зеи, Вилюя, Дона, Оби на тех участках их долин, которые оказались затопленными. Это создает определенные трудности для обобщений при региональных исследованиях русловых процессов, для выявления пространственных закономерностей в распространении русел рек разного типа и условий их формирования.

Характеристика русла р. Ангары в районе строящегося Богучанского и проектируемого Мотыгинского водохранилищ дает возможность сохранить в научной литературе сведения о его морфодинамике. Они приобретают особо важное значение не только из-за того, что в ближайшем будущем русло окажется затопленным, но и потому, что Ангара отличается такой спецификой условий руслообразования, которая делает ее в этом отношении уникальным объектом. К таким условиям относятся дефицит руслообразующих наносов, обусловленный вытеканием Ангары из оз. Байкал и усугубляющийся Братским и Усть-Илимским водохранилищами, абсолютное преобладание скального ложа, врезанное практически беспойменное русло, наличие высоких коренных островов на фоне постепенного снижения скальности русла и изменения его морфодинамического типа.

Наиболее распространенный тип русла в нижнем течении Ангары — редко встречающееся в природе врезанное разветвленное русло (его разновидности). На участке от Усть-Илимска до Мотыгино (130 км) разветвления занимают от 60 % длины русла в зоне затопления Богучанской ГЭС (табл. 1) до 25 % — в зоне затопления Мотыгинского водохранилища. Все это делает приведенный ниже анализ важным инструментом для познания морфологии врезанного русла большой равнинной реки, протекающей в горном обрамлении.

Следует добавить, что в русловедении врезанные и скальные русла до сих пор остаются чрезвычайно слабо изученными и даже просто описанными. При этом они либо достаточно невнятно называются «немеандрирующими» [1], либо исключаются из классификационных схем [2, 3] и в дальнейшем вообще не рассматриваются, либо дается самое общее их описание без указания типа русла, специфики и условий формирования и деформаций. Исключение составляет подход к классификации русел рек, принятый в Московском университете [4–6] и у некоторых зарубежных исследователей [7], по которому скальные русла поставлены в один ряд с руслами горных и равнинных рек и дана их морфодинамическая характеристика.

Таблица 1

Характеристика разветвлений Ангары на участке Усть-Илимск— Богучанская ГЭС (зона затопления Богучанского водохранилища, 812–450 км по судовому ходу)

Местонахождение (острова, населенные пункты), км по судовому ходу	Генезис	Структурный уровень	Морфодинамический тип русла	Разветвление									
				фактическое (до затопления)								прогнозное (после затопления)	
				B_d	B_p	K_a	$K_{a \max}$	l	K_a/l	ΔN	K_a	$K_{a \max}$	
Нижний, 805–803	А	II	Одиночное	1,5	1,5	3	2	1,5	2,0	0,1	0	0	
Березовый–Верх. Каменный, 795–789	А, С	II	»	2,61	2,2	6	2	6	1,0	0,1	3	2	
Ср. Каменный–Каменный, 786–770	С, А, СА	I, II	Параллельно-рукавное	4,0	1,7	13	3	16	0,8	0,26	9	2	
Каменный–Кринда, 793–664	С, А, СА	I, II	»	6,6	2,7	98	4	99	1,0	0,65	19	3	
Чирчана–Еловый, 662–659	А	II	Одно-стороннее	3,1	2,5	13	3	3	4,3	0,33	0	0	
Большой–Народимский, 655–623	С, СА, А	I, II	Параллельно-рукавное	4,7	2,6	29	4	32	0,9	0,46	0	0	
Кутарей, 620–618	А	II	Одиночное	2,7	2,0	6	4	2	3,0	0,3	0	0	
Парта–Каменный, 611–604	А	II	»	3,0	2,5	11	4	7	1,6	0,15	0	0	
Тургенев, 594–570	СА, А	I, II	»	9,9	2,5	32	4	24	1,3	0,39	0	0	
Хмельной, 553–547	С, А	II	Параллельно-рукавное	3,2	1,5	10	4	6	1,7	0,51	0	0	
Ниже устья р.Ковы, 535–526	А	II	Одиночное	2,1	1,2	10	3	9	1,1	0,1	0	0	
У дер. Рожкова, 490–484	А	II	»	3,65	2,0	12	3	6	2,0	0,15	0	0	
У дер. Пашенная, 476–468	А	II	Одно-стороннее	2,6	2,0	8	2	8	1,0	0,5	0	0	

Примечание. Генезис разветвлений: С — скульптурные, СА — скульптурно-аккумулятивные, А — аккумулятивные. I–II — см. текст. Характеристики разветвлений приведены для створа максимальной ширины.

Русло Ангары, находящееся пока в естественном состоянии ниже Усть-Илимской ГЭС, дает богатейший материал для оценки условий формирования, морфологии и динамики врезанного скального русла, анализ которого восполняет пробел в географии русловых процессов.

УЧАСТОК МЕЖДУ УСТЬ-ИЛИМСКОЙ И СТРОЯЩЕЙСЯ БОГУЧАНСКОЙ ГЭС

В пределах зоны будущего водохранилища, начинающейся от плотины Усть-Илимской ГЭС, русло врезанное, со скальным ложем, лишь на нижних 50–60-ти км от створа Богучанской ГЭС прикрытое галечным и песчано-галечным аллювием, встречающимся выше по течению в виде небольших кос и скоплений в ухвостьях островов ниже шивер и мысов коренных берегов и образующим перекааты (здесь их называют перевалами, так как их гребни слабо возвышаются над плесовыми лощинами). Река протекает между высоких горных берегов, сложенных скальными породами.

Береговая линия очень неровная, характеризуется многочисленными вдающимися в русло выступами скал-«быков», мысами и другими изгибами. Пойма по берегам в основном отсутствует, встречаясь в двух-трех местах в виде узких фрагментов ниже поворотов реки (ширина поймы в несколько раз меньше ширины русла), в верхней части эти фрагменты высокие, редко затопляемые. Русло устойчиво, горизонтальные русловые деформации практически не проявляются.

Основной тип русла на рассматриваемом участке — разветвления (рис. 1). Для характеристики распределения расходов воды по рукавам использовалась величина критерия рассредоточения стока, рассчитываемая на основе сведений о размерах рукавов в разветвлении (их условных порядков N_y) [8]

$$\Delta N = (N - N_{\min})/N, \quad (1)$$

где N — порядок реки по Шайдеггеру, N_{\min} — минимальный условный порядок водотока в разветвлении. Порядок рукава является функцией его водности. Расчеты расходов воды в рукавах выполнены на основе гидролого-морфометрических зависимостей, полученных для разветвлений галечно-валунных рек [9]. Одновременно для каждого разветвления определялось суммарное число рукавов

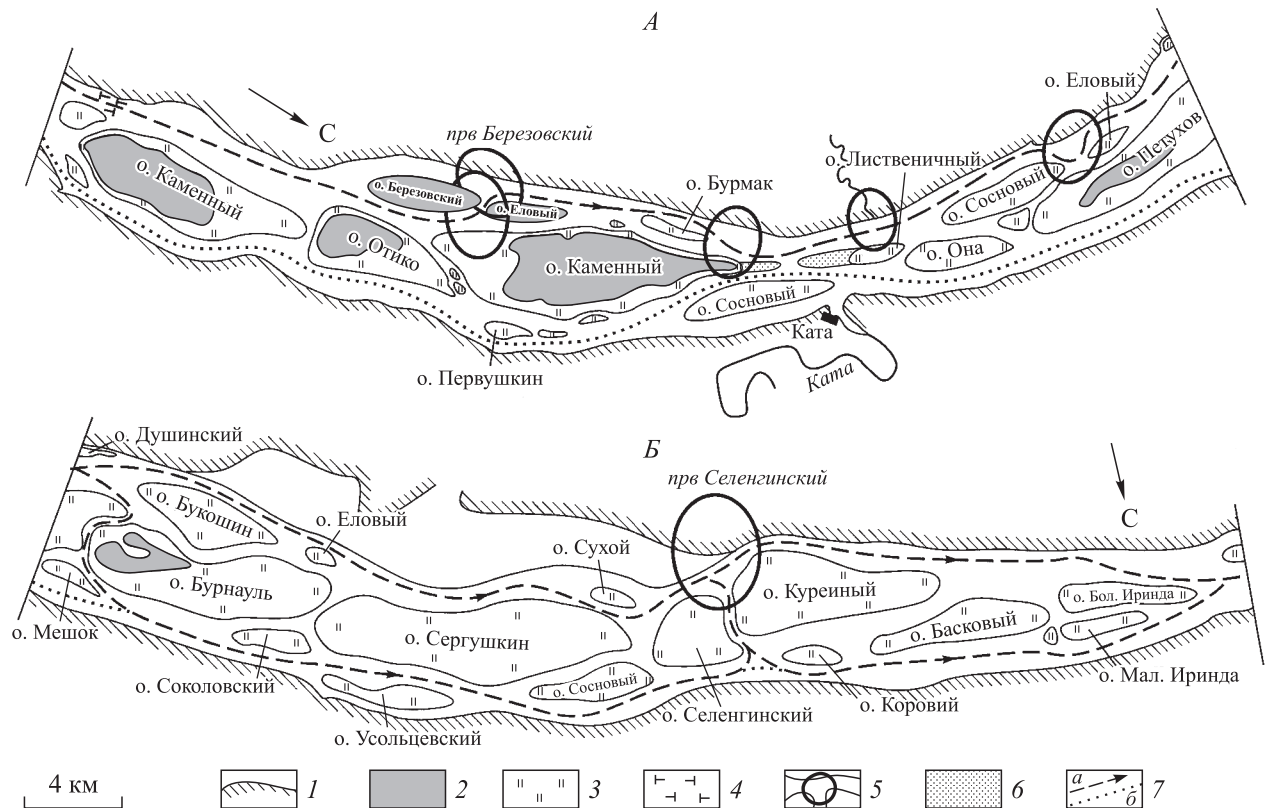


Рис. 1. Врезанное параллельно-рукавное русло р. Ангары ниже Усть-Илимской ГЭС (участки А и Б).

1 — коренные берега; 2 — скальные высокие острова; 3 — пойма; 4 — шиверы в русле; 5 — места расположения перекаатов; 6 — крупные прирусловые отмели; 7 — положение динамической оси потока (а — совпадающее с трассой судового хода, б — в несудоходных рукавах).

K_a , максимальное число рукавов и протоков в поперечных сечениях русла $K_{a \text{ макс}}$, степень разветвленности K_a/l , а также ширина водного зеркала B_p (русла без островов) и ширина днища $B_p + B_o$, где B_o — ширина островов. Все характеристики получены для условий среднемноголетних расходов воды ($Q_{\text{ср}} = 3460 \text{ м}^3/\text{с}$ по г. п. Богучаны) (см. табл. 1).

Разветвленность на участке проявляется на трех уровнях. Высший уровень (I) осуществляется крупными скульптурными и скульптурно-аккумулятивными островами, ширина которых значительно превосходит ширину русла. Второй уровень (II) связан с делением потока сравнительно небольшими островами, ширина которых сопоставима с шириной русла или меньше его. Они преимущественно аккумулятивного генезиса, хотя среди них встречаются острова и скульптурного, и скульптурно-аккумулятивного генезиса. На всем протяжении участка этот уровень дополняет разветвленность первого типа, создавая цепочку островов посередине реки или существуя в рукавах. Наконец, деление потока на точечном уровне (III) развито на шиверах и отмелях. Для него характерно деление потока, осуществляемое отдельными выступами коренного ложа — валунами, глыбами, камнями-одиночками, которое наблюдается преимущественно в межень.

Разветвления I уровня сопровождаются расширениями русла и долины Ангары. Отличия в их морфологии проявляются через соотношение между шириной днища долины (русло вместе со всеми островами) и шириной русла без островов B_d/B_p . Оно составляет $>2,5-3$ для разветвлений I уровня и <2 — для разветвлений II уровня. Во всех случаях рукава разветвлений I уровня осложнены разветвлениями II уровня, поэтому участки их расположения представляют собой сложные формы разветвленности.

Разветвления разного структурного уровня существенно отличаются по продольному масштабу. Разветвления I уровня образованы цепочкой островов посередине реки, разделяя ее на два рукава, соединенных между собой небольшими поперечными протоками между островами. По морфодинамическим характеристикам такие разветвления относятся к параллельно-рукавному типу и имеют длину в несколько десятков километров (максимум — 99 км). Длина разветвлений II уровня не превышает 10 км, а участки точечной бифуркации (III уровень) локализованы отдельными створами реки.

Таким образом, острова разветвлений Ангары на участке между Усть-Илимской и строящейся Богучанской ГЭС имеют неаккумулятивное (коренные скальные выступы, надпойменные террасы), аккумулятивное и смешанное скульптурно-аккумулятивное происхождение. На исследуемом участке встречаются разветвления трех морфодинамических типов: одиночные, односторонние и параллельно-рукавные.

Русло в пределах будущего водохранилища разделяется на пять морфологически однородных участков.

1. *Усть-Илимская ГЭС—с. Кеуль* (812—770 км). Рисунок общей конфигурации русла четковидный, вследствие чего ширина русла изменяется от 0,6 до 2 км (без островов); вниз по течению она возрастает в два раза. В наиболее крупных расширениях находятся острова Нижний, Березовый, Верх. и Ср. Каменные и самый большой по размерам — Сосновый (длина — 8,4 км, ширина — 1,8 км).

Верхние острова на участке аккумулятивные, остальные — скульптурные, высотой до 25—40 м и более. Аккумулятивные острова имеют коренное каменистое основание — цоколь. Водность рукавов равноценная, но у островов Березовый и Ср. Каменный по водности преобладают соответственно левый и правый. Равные по размеру рукава (слабое рассредоточение стока, $\Delta N < 0,15$, водность изменяется от 40 до 60 %) характерны для всех одиночных разветвлений нижней Ангары. Морфологически их наиболее распространенная форма — обособленный остров, расположенный посередине русла. В пределах участка Усть-Илимская ГЭС—с. Кеуль имеются четыре шивера, приуроченные к оголовкам скальных островов.

2. *Село Кеуль—пос. Кежда* (770—621 км). Параллельно-рукавные разветвления: русло разделено на два основных рукава по всей длине участка. Острова образуют цепочку посередине реки; между островами — поперечные и диагональные протоки, обеспечивающие между ними гидравлическую связь. Параллельно-рукавные разветвления распространены только в пределах зоны затопления Богучанского водохранилища и представлены аккумулятивными и скульптурными островами.

У сел Ката и Сыра цепочка прерывается, однако в расширенных акваториях сохраняются два стрежня потока, частично или полностью разделенные более мелководными перемычками и связанные с повышением коренного ложа между ухвостьем выше и оголовком ниже расположенного острова. Суммарная (вместе с островами) ширина реки в разветвлениях — 6,4 км; там, где цепочка островов прерывается, ширина русла составляет 2,4 км. Максимальная ширина островов — 3,2 км.

Верхние острова, в том числе II уровня, высокие, до 40 м и более (Каменный, Отико, Березовский, Еловый, Ниж. Каменный). Высота островов вниз по течению уменьшается, и, начиная от с. Ката, все они попадают в зону затопления. До о. Бурнаул они представлены надпойменными террасами, возвышающимися над максимальными уровнями в половодье. Однако гористая только

часть островов: со стороны ухвостья, оголовка они имеют аккумулятивное продолжение; иногда такие пойменные поверхности полностью обрамляют их скалистые участки. Таким образом, эти острова — скульптурно-аккумулятивные.

Характерно, что контуры гористой части островов удовлетворяют соотношению их длины и ширины, обеспечивающих минимальное сопротивление водному потоку [10]: $L_0 \approx 3-4B_0$. Это соотношение всегда выдерживается при образовании островов, возникающих при зарастании аккумулятивных осередков в русле реки, которые, в свою очередь, формируются вследствие разделения потока на две ветви течения. Очевидно, что в условиях интенсивного врезания реки такое разделение потока приводит со временем к образованию посередине реки скульптурного выступа (острова). Нижние, начиная от о. Сергутина, в цепочке островов разветвления являются аккумулятивными. Все острова в основе имеют коренные выступы скального ложа реки, причем верхняя группа полностью гористая, скальная. У нижних в цепочке островов коренное ложе не поднимается выше межженного уровня, и они в целом аккумулятивные.

Несмотря на преимущественно скальное ложе, шиверы в пределах участка отсутствуют (небольшая Тушманская шивера имеется только на заходе в левый рукав разветвления у оголовка о. Каменный), при этом встречаются отдельные скопления галечно-валунного или песчано-галечного материала. Таковы перевал Березовский (744–740 км по судовому ходу, 68 км от Усть-Илимской ГЭС), перевалы на 732–730 км (80 км от ГЭС), 723–722 км (89 км от ГЭС), 714–712 км (98 км от ГЭС), Селетинский перевал (684,5–682,5 км; 125,5 км от ГЭС), пережат Чидинга (650–646 км, 162 км от ГЭС).

Иногда эти скопления наносов заполняют пространства между выступами скал на дне и не всегда занимают всю ширину русла. Тем не менее они обуславливают определенные переформирования дна, связанные с периодическими размывами и намывами наносов, а также с блужданием динамической оси потока. Это коррелируется с расположением «наносных» кос и отмелей возле островов и в ухвостьях, наличием аккумулятивных пойменных образований в нижней части островов и собственно аккумулятивных островов в нижней части участка. Участок завершается сужением русла до 1,6 км.

3. *Пос. Кежда–гора Красный Яр (621–595 км)*. Русло образует две пологие врезанные излучины, осложненные в вершинах небольшими аккумулятивными островами со скальным цоколем. Наиболее крупное разветвление находится посередине участка. Оно образовано о. Каменный длиной 4 км и шириной 0,3 км. Ширина (суммарная) русла в разветвлении — 4,6 км. Параметры излучин: радиусы кривизны — 10,4 и 5 км, шаги излучины — 14 и 6,5 км, степень развитости l/L (l — длина русла по излучине, L — ее шаг) — 1,15 и 1,23. Русло скальное, очень устойчивое; лишь в начале участка находится скопление песчано-галечных наносов (Кутаринский перевал) среди выступов скал и камней-одиноц. Завершается участок шиверой. Здесь русло сужается до 1,2 км (эта ширина выдержана в пределах всей нижней излучины).

4. *Гора Красный Яр–с. Алешикино (595–565 км)*. Большое одиночное скульптурно-аккумулятивное разветвление русла о. Тургенев, относящееся к первому структурному уровню (см. табл. 1). Остров представляет собой надпойменную террасу, возвышающуюся над рекой на 15 м и более и имеющую длину 22 км, ширину — до 5 км. Разветвление отличается максимальным значением критерия рассредоточения стока $\Delta N = 0,65$, что соответствует расходу воды в самых малых рукавах <5 % от общего расхода Ангары.

В целом диапазон изменения ΔN в сложных разветвлениях реки, объединяющих острова I и II уровня разветвленности, составляет 0,26–0,65, что соответствует одному из наиболее высоких значений степени рассредоточения стока среди существующих в природе разветвлений [8]. Стабильное существование небольших рукавов связано, по всей видимости, с высокой устойчивостью русла и малым количеством наносов.

Левый рукав относительно прямой, но разделяется на систему сопряженных вторичных рукавов, образованных двумя аккумулятивными островами. Его длина — 24 км. Главное течение сосредоточивается возле левого берега реки у верхнего острова и возле правого берега рукава (о. Тургенев) у нижнего острова. Правый рукав — изогнутый, его длина 28 км. Степень развитости излучины, которую образует рукав, — 1,16. В верхней его части — скульптурное разветвление II уровня. Для участка характерно наличие узких береговых пойменных фрагментов.

5. *Село Алешикино–створ Богучанской ГЭС (565–450 км)*. Русло образует три следующие друг за другом врезанные макроизлучины, из которых верхние две осложнены «обычными» излучинами или разветвлениями с шагом 5–7 км. В пределах двух верхних излучин (565–480 км) береговая линия очень неровная из-за многочисленных скальных «быков», выступов и мысов, создающих четковидный рисунок русла. Разветвления приурочены к его местным расширениям. Наиболее крупное из них — на 550-м километре, оно заполнено группой аккумулятивных островов (Хмельный, Сосновый и др.) и у населенного пункта Рожкова (490-й км) — острова Сосновый и Бол. Тунгусский — 3,2 и 4,0 км соответственно.

Русло в пределах верхней излучины (до 497 км) — преимущественно скальное, очень устойчивое. Имеются несколько шивер и один порог — Аплинский (555,7–555 км). Длина порога — 672 м, перепад уровня воды — 1,64 м. Средний уклон водной поверхности на пороге — 2,44 ‰, максимальный — 6,5 ‰; скорости потока достигают 4,2 м/с (при преобладающих на Ангаре в пределах будущего Богучанского водохранилища 1,2–1,5 м/с, причем лишь на некоторых шиверах они увеличиваются почти до 2 м/с). Глубина русла на пороге — 0,95 м.

Ниже Аплинского порога дно русла покрыто галечными отложениями, а максимальные глубины возрастают до 5 м и более. Такие увеличенные глубины сохраняются до конца участка (в пределах 1–4-го участков максимальные глубины составляют, как правило, 2 м — максимум 3 и только в узкой полосе, по которой проходит судоходный фарватер; остальная часть русла — мелководная, с глубинами, редко превышающими 1 м). Ниже шиверы Глухой русло становится песчано-галечным, и лишь в конце участка (460 км) аллювиальный покров прерывается шиверой.

Изменения в морфологии русла связаны с колебаниями уклонов реки. Ниже Усть-Илимской ГЭС уклон составляет 0,24 ‰. Уже в одиночном разветвлении о. Сосновый на первом участке уклон понижается до 0,2 ‰. На участке с параллельно-рукавным разветвлением он колеблется в пределах 0,18–0,07 ‰, причем возрастает там, где имеют место перерывы в цепочке островов. Ниже по течению он снова увеличивается до 0,21 ‰, но на 4-м участке с большим одиночным разветвлением (о. Тургенев) составляет 0,09 ‰. На нижнем участке, ниже Аплинского порога, уклоны постепенно уменьшаются от 0,31 до 0,11 ‰, испытывая при этом местные колебания. При этом разветвления разных структурных типов соответствуют различным участкам продольного профиля реки.

В расширениях долины, где расположены параллельно-рукавные разветвления первого структурного уровня, наблюдаются минимальные уклоны русла (0,1–0,2 ‰). Местные максимальные уклоны характерны для узлов деления потока, где часто располагаются перекаты и пороги. Большие уклоны русла характерны для аккумулятивных одиночных разветвлений второго типа и достигают здесь 0,3 ‰. Порожистые участки с максимальным уклоном (шиверы) соответствуют точечным разветвлениям. Они часто приурочены к оголовкам островов.

Описанный характер русла связан с дефицитом руслообразующих наносов и режимом врезания реки в целом, активизированного в результате ввода в эксплуатацию Усть-Илимской ГЭС. По имеющимся данным, мощность аллювия здесь в естественных условиях составляла от 0,5 до 4,5 м. Размывы русла в нижнем бьефе ГЭС привели к понижению отметок дна до 3–3,5 м (на приплотинном участке), повсеместному смыву аллювиального покрова и сплошному обнажению на дне скального основания русла. Площадь живого сечения в среднем увеличилась почти в 1,5 раза (при сохранении ширины русла благодаря скальным берегам), а уровни понизились на 20–30 см.

Проявлением этих процессов стал смыв отдельных перекатов (например, переката Бык, существовавшего на 1-м участке в районе островов Каменных). На топографических картах м-ба 1:100 000 издания 1947 г. показано довольно много песчано-галечных и галечных кос и отмелей возле островов, за выступами и мысами берегов. В настоящее время эти образования отсутствуют (смыты) и встречаются только ниже Аплинского порога.

Специфическая особенность русла Ангары — это обилие водорослей и травы, покрывающих все боковые рукава и отмельные части русла. Оно связано, по-видимому, с антропогенным загрязнением реки [11].

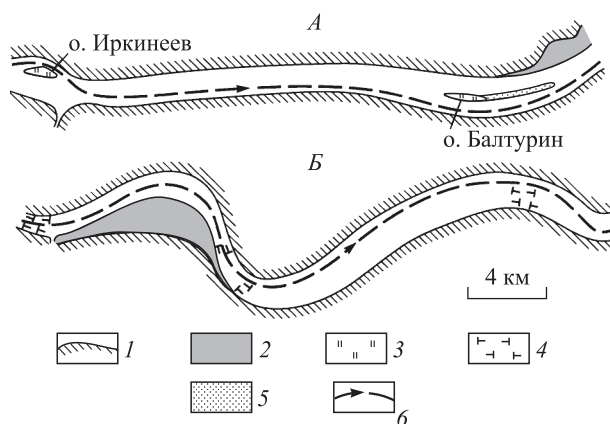
УЧАСТОК МЕЖДУ БОГУЧАНСКОЙ И ПРОЕКТИРУЕМОЙ МОТЫГИНСКОЙ ГЭС

Русло Ангары в зоне затопления проектируемым Мотыгинским водохранилищем (377–130 км по судовому ходу) представлено единым морфологически однородным участком. Он начинается на расстоянии 11 км ниже Муринского порога, создающего перепад уровней в 2,13 м, и заканчивается у утеса Гребень по правому берегу. Русло повсеместно врезанное, с многочисленными шиверами и каменистыми грядами, прерываемыми маломощный слой галечного и галечно-валунного аллювия, которым между этими выступами выстилается русло коренного ложа реки. Для всего участка характерно распространение в русле камней-одиноц — следствие ледовой аккумуляции.

Уклоны реки по длине участка колеблются в пределах 0,07–0,28 ‰, возрастая в местах пересечения потоком шивер или их групп и понижаясь на сравнительно протяженных отрезках между ними. Повсеместное (кроме шивер) распространение галечных и галечно-валунных, нередко с камнями-одиноцами, наносов обусловило формирование перекатов. Благодаря им отметки дна русла (и, соответственно, глубины) изменяются по стрелю потока в пределах до метра, реже больше. Перекаты относительно устойчивы, их переформирования очень замедлены и практически не проявляются в изменениях рельефа русла.

Рис. 2. Разновидности врезанного русла ниже строящейся Богучанской ГЭС.

А — прямолинейное неразветвленное русло с одиночными разветвлениями; Б — излучины. 1 — коренные берега; 2 — скальные высокие острова; 3 — пойма; 4 — шиверы в русле; 5 — крупные прирусловые отмели; 6 — динамическая ось потока.



Основной тип русла — врезанные излучины. Разветвления представлены только аккумулятивными островами II структурного уровня, по морфодинамическому типу — одиночными или односторонними. От начала участка до дер. Каменка (213 км) русло преимущественно относительно прямолинейное, с отдельными одиночными островами, сложенными галечными отложениями (рис. 2, А).

Размеры островов: длина — от 1 до 4 км, ширина — от 0,2 до 1 км.

Наличие островов не всегда сказывается в конфигурации береговой линии. Самые верхние на участке острова Сосновый, Иркинеев и Балтурин сопровождаются местным расширением русла. Часто встречаются небольшие прибрежные аккумулятивные острова шириной до 0,02 км. Иногда они образуют цепочки, вытянутые вдоль берегов. Некоторые небольшие острова или группы из двух-трех островов заполняют выбоины (углубления в плане) в коренных берегах.

Прямолинейные отрезки русла длиной 25–30 км чередуются с короткими (4–5 км) коленообразными изгибами. Таких изгибов пять, они совпадают с положением шивер и местными сужениями русла. Так, на изгибе русла реки ниже пос. Шиверский находится шивера Косая, выше дер. Пинчуга — шивера Картульская. Ширина русла на участке около 2 км, реже — немного больше, на коленообразных изгибах она иногда сокращается до 0,8 км.

Ниже дер. Каменка русло представлено врезанными излучинами (см. рис. 2, Б). Их параметры (радиус кривизны r , длина русла l , шаг L , степень развитости l/L) приведены в табл. 2. Все излучины относятся к категории пологих сегментных, и лишь излучина № 5 (у с. Орджоникидзе) является сегментной развитой. Как и вышерасположенное прямолинейное русло, излучины в основном стеснены высокими, часто гористыми, скальными берегами, и лишь на излучине № 2, ниже дер. Каменка, шпора представлена поверхностью террасы. Подобные террасы иногда встречаются в виде узких полос вдоль прямолинейного русла выше по течению. Завершается участок снова прямолинейным врезанным руслом с узкими одиночными или односторонними островами, причем одиночные острова, расположенные посередине реки (о. Поликарпов и др.), не сказываются на конфигурации русла.

Русло в целом на участке неглубокое. По фарватеру глубины составляют в основном 2–3 м, достигая 4–5 м. Иногда в рельефе дна на прямолинейных отрезках выражены две продольных углубленных борозды; посередине русла между ними находится мелководная «платформа» с глубинами 1–1,15 м. Эта глубина является доминирующей в русле, имеющем корытообразную форму и плоское дно.

Горизонтальные деформации русла отсутствуют. В случае перекрытия русла плотиной Богучанской ГЭС следует ожидать смыва галечного и галечно-валунного аллювия, размыва аккумулятивных островов, «посадки» уровней воды и усиления выраженности шивер и скальных выступов на дне,

Таблица 2

Параметры врезанных излучин р. Ангары

Номер излучины (сверху вниз)	r , км	l , км	L , км	l/L
1	4,6	7,4	6,0	1,23
2	3,4	7,6	6,0	1,16
3	3,0	10,0	8,4	1,19
4	7,6	14,0	12,0	1,16
5	3,8	9,2	6,6	1,43
6	3,6	8,0	6,4	1,25

подобно тому, как это произошло в нижнем бьефе Усть-Илимской ГЭС. Наиболее динамичные образования в русле Ангары — это острова аккумулятивного генезиса II структурного уровня. В настоящее время для всего описываемого участка они соответствуют зонам аккумуляции наносов, что проявляется в увеличении количества и размера островов. В одиночных разветвлениях выше и ниже створа Богучанской ГЭС отмечено образование новых островов. За период 1973–2006 гг. на обоих участках были закреплены растительностью два острова. Их средняя длина — около 500 м. Интенсивность увеличения степени разветвленности русла K_a/l составляет 1,2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие русла р. Ангары отличается рядом особенностей, связанных с природными условиями и антропогенным воздействием. Дефицит руслообразующих наносов, обусловленный вытеканием реки из оз. Байкал и их перехватом Братским и Усть-Илимским водохранилищами, ограниченность русловых деформаций геологическим строением определяют развитие специфических морфодинамических типов русла.

Здесь формируются особые врезанные разветвления, различающиеся по генезису островов (скульптурные, скульптурно-аккумулятивные, аккумулятивные), их морфологии (одиночные, односторонние, параллельно-рукавные) и пространственному масштабу. Другой распространенный тип русла — врезанные излучины. Размывы русла в нижнем бьефе Усть-Илимской ГЭС приводили к понижению отметок дна до 3–3,5 м (на приплотинном участке), повсеместному смыву аллювиального покрова и сплошному обнажению на дне скальных пород.

Детальный гидролого-морфологический анализ неосвоенного участка р. Ангары позволил разработать прогноз руслового режима после строительства Богучанской и Мотыгинской ГЭС. На разных участках реки реакция русла на изменения характеристик стока различна. Главным морфологическим следствием гидротехнического строительства являются размыв аккумулятивных островов и упрощение структуры разветвлений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (06–05–64293).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Пиньковский С. И.** Типы речных русел Средней и Южной Сибири // Труды ГГИ. — 1962. — Вып. 94. — С. 87–114.
2. **Попов И. В.** Деформации речных русел и гидротехническое строительство. — Л.: Гидрометиздат, 1965. — 328 с.
3. **Кондратьев Н. Е., Попов И. В., Снищенко Б. Ф.** Основы гидроморфологической теории руслового процесса. — Л.: Гидрометеиздат, 1982. — 272 с.
4. **Чалов Р. С.** Горные реки и реки в горах: продольный профиль, морфология и динамика русел // Геоморфология. — 2002. — № 3. — С. 26–40.
5. **Чалов Р. С.** Скальные русла: распространение, морфология, специфика и условия деформаций // XVIII пленарное межвузовское совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. — Курск, 2003. — С. 211–212.
6. **Чалов Р. С.** Русловедение: теория, география, практика. Т. 1: Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования русел. — М: Изд-во ЛКИ, 2008. — 608 с.
7. **Rosgen D. L.** A classification of natural rivers // Catena. — 1994. — Vol. 22. — P. 169–199.
8. **Алексеевский Н. И., Чалов С. Р.** Структура русловых разветвлений // Геоморфология. — 2004. — № 3. — С. 57–66.
9. **Чалов С. Р.** Гидрологические функции русловых разветвлений: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — М., 2007. — 24 с.
10. **Komar P. D.** Shapes of streamlined islands on Earth and Mars: Experiments and analyses of the minimum-drag form // Geology. — 1983. — Vol. 11. — P. 651–654.
11. **Tyumentseva E. M.** Characteristics of Runoff Formation in the Middle Angara Region // Proceedings of the Tenth International symposium on River Sedimentation. — 2007. — Vol. 1. — P. 423–440.

*Московский государственный
университет*

*Поступила в редакцию
4 марта 2008 г.*