

УДК 6.31.4: 55.3

Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 11. Научный редактор Р.С. Чалов. -М., изд-во Моск. ун-та. 1997.-с. , илл.

ISBN 5-211-03898-3

Сборник представляет собой очередной выпуск трудов Научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева МГУ. Статьи сборника охватывают весь спектр научных исследований, выполняемых лабораторией, 30-летию которой и 90-летию со дня рождения основателя лаборатории Н.И. Маккавеева посвящен выпуск.

Представляет интерес для гидрологов, геоморфологов, почвоведов, а также специалистов в области геоэкологии и охраны природы, гидротехники, мелиорации.

*Печатается по решению
Межвузовского научно-координационного совета по проблеме
эрозионных, русловых и устьевых процессов
при МГУ*

Рецензенты:
*доктор географических наук, профессор Г.В. Бахраков
кандидат технических наук Ю.М. Натальчук*

- 97-заказное

© Коллектив авторов, 1997

*А.А. Зайцев, О.М. Кирик Р.В. Лодина,
А.В. Панин, Р.С. Чалов*

ГИДРОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И РЕГУЛИРОВАНИЕ РУСЛА НИЖНЕГО ВИТИМА В СВЯЗИ С ЕГО ТРАНСПОРТНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ*

Витим – одна из крупнейших рек Восточной Сибири – пересекает на своем протяжении ряд горных хребтов и впадает в Лену там, где она прорезает известняковое Приленское плато. По своей длине (1970 км) Витим превосходит Лену от истока до слияния с ней и не уступает ей по водности. Мощный поток формирует врезанное, обычно неразветвленное и лишь иногда слаборазветвленное русло, характеризующееся высокой устойчивостью, частыми выходами скал на дне и по берегам, валунно-галечным составом руслообразующих наносов с небольшой толщиной валунно-галечного аллювия. Подобные реки, из-за своей кажущейся простоты морфологии и динамики русел, до последнего времени оставались практически неизученными с точки зрения русловых процессов, имеющих специфичный характер, отличающий их от рек, формирующихся не только в рыхлых аллювиальных отложениях, но даже имеющих врезанные русла и сплошной покров галечно-валунных наносов. Ряд авторов классифицируют подобные участки русел как недеформируемые. Тем не менее непрерывное взаимодействие потока и русла и осуществляющийся одновременно транзит галечно-валунных наносов обуславливают необходимость изучения механизма русловых процессов в этих специфических условиях, в т.ч. для решения ряда практических задач, встающих по мере освоения прилегающих к таким рекам территорий. Первый опыт исследования русловых процессов на реках с галечно-валунными и отчасти скальным руслом был предпринят при решении проблемы транспортного использования верхнего Алдана (Зайцев, Савцова, 1994; Борсук, Долженко и др., 1995). Исследования на нижнем Витиме на участке от г. Бодайбо – центра золотодобывающей промышленности на северо-востоке Иркутской области – до его слияния с Леной явились их логическим продолжением.

Развитие водного транспорта в бассейне верхней Лены началось во второй половине прошлого века в связи с освоением золотоносных площадей на Витиме. Начало массовой перевозки грузов потребовало организации регулярного речного судоходства с использованием технических возможностей того времени. В сравнительно короткий срок на верхней Лене и в низовьях Витима были созданы описные (изыскательские) партии, была организована судоходная обстановка. Для дноуглубления на перекатах использовались камнеуборочные машины и паровая землечерпательная техника. За долгие годы освоения в низовьях Витима создан глубоководный

* Выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 97-05-64454)

(для данных гидравлических условий) водный путь, на поддержание которого расходуются значительные средства. В настоящее время от г. Бодайбо, до устья Витим представляет собой крупную транспортную магистраль и эксплуатируется судоходством большую часть открытого русла при гарантированной глубине 1,8 м.

В 1988-1990 гг. научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов МГУ им. М.В.Ломоносова выполнила комплексные русловые исследования Витима на отрезке от г.Бодайбо до устья. Прикладной задачей исследований было изучение специфики русловых процессов и определение перспектив развития водного пути с учетом максимального использования условий руслоформирования, обоснование на этой основе принципов регулирования русла и планирование схем конкретных мероприятий на затруднительных для судоходства участках.

Гидрологический режим

Бассейн Витима имеет площадь 225 тыс.км². Витим впадает в Лену на 2714 км от ее устья. Среднегодовой расход Витима на нижнем гидрологическом посту Бодайбо (294 км от устья) составляет 1550 м³/с, к устью его величина возрастает до 2200 м³/с, главным образом, за счет притоков – Бодайбо, Бисяга, Мамакан и Мама. Наибольший расход воды, отмеченный в 1916 г. в Бодайбо составил 17500 м³/с. Минимальный наблюдаемый летний расход воды равен 468 м³/с (1929 г.), минимальный зимний – 22,6 м³/с (1943 г.).

Климатические условия бассейна определяют смешанное питание реки с преобладанием дождевого. В годовом стоке дождевые воды составляют 88%, талые воды – 9%, грунтовые – 3%. Сток воды по сезонам характеризуется преобладанием стока в летний период (40%), повышенным весенним (31%) и осенним (27%) стоком, небольшим стоком зимой (2%). Средние расходы половодья в среднем меньше средних расходов летних паводков на 8-15% (у Бодайбо). Изменчивость годового стока Витима велика, коэффициент вариации составляет 0,22. Витим отличается паводочным режимом, причем роль дождевых паводков плавно снижается к устью.

Анализ интегральных кривых модульных коэффициентов величин годового стока позволил проследить циклический характер изменения водности реки, связанный с соответственными колебаниями климата. Так, период до 1938 г. для Витима в целом был многоводным. Далее, вплоть до 1980 г. наблюдался длительный период маловодья, причем ряд лет, например, 1972 и 1979, являлись аномально маловодными. Следующий четырехлетний краткосрочный цикл лет, вплоть до 1984 г., относится к многоводному. До 1987 г. наблюдается маловодный период, а затем, начиная с 1988 г., происходило увеличение водности Витима.

Уровенный режим характеризуется значительным подъемом воды во время весеннего половодья, высокими летне-осенними паводками и сравни-

тельно низким и устойчивым положением уровня в холодную часть года. В весенний период, вследствие интенсивного нарастания положительных температур воздуха, происходит бурное таяние снега и, при наличии водопора из мерзлых грунтов и скал, талые воды быстро попадают в русло Витима, формируя высокое и резкое половодье. Средняя дата начала ледохода и нижнем течении – 16 мая. Ледоход на основных притоках начинается почти синхронно с Витимом. Продолжительность ледохода на главной реке – 7-8 дней, на Мамакане и Маме – в среднем 4 дня. Ледоход проходит бурно. Продвигаясь вниз по течению паводочная волна взламывает ледяной покров, затем начинается ледоход с образованием заторов льда. Заторы образуются, как правило, на участках, характеризующихся местным уменьшением уклонов, резкими изгибами русла, разветвлениями, наличием отмелей и осередков.

Высокие подъемы уровня воды от заторов льда, сопровождающиеся наводнениями, часто наблюдаются, например, у г/п Воронцовка. Здесь при уровне 670 см начинается затопление строений и сельскохозяйственных угодий, находящихся на высокой пойме. Продолжительность стояния таких уровней – около 20 дней в году.

Пик половодья обычно наблюдается в середине мая. Уровни воды в этот период высокие и даже при отсутствии заторных явлений достигают 8-9 м. В период заторов высшие уровни на участке изменяются от 1184 см (Бодайбо) до 1048 см (Воронцовка). Наибольшая интенсивность подъема уровня в период затора составляла 388 см/сутки. Заканчивается половодье обычно в конце мая – начале июня.

Летняя межень чаще всего не выражена. Летом уровни воды, как правило, высокие и в среднем составляют 580 см. Паводки обычно начинаются сразу на спаде половодья и за летне-осенний период повторяются 5-10 раз, следуя один за другим с короткими промежутками. Формирование дождевых паводков на Витиме связано с большим количеством осадков в теплый период относительно годовой их величины (до 60%). Достаточно часто летние паводки носят катастрофический характер. Уровни дождевых паводков превышают половодные на 1-3 м. Паводки носят стремительный и внезапный характер. Интенсивность подъема уровней в период паводков превышает 200 см/сутки. Наибольший за год подъем уровней у Бодайбо составляет 1307 см.

В конце сентября – начале октября наступает похолодание, осадки выпадают уже в виде снега, приток воды в реку резко сокращается. Осенние ледовые явления начинаются в октябре, и через 8-10 дней устанавливается устойчивый ледовый покров. Зимой река питается исключительно подземными водами. Уровни в этот период обычно ниже летних на 4-5 м. Перед замерзанием уровни воды в реке могут подниматься в низовьях до 3,5 м из-за значительной зашугованности русла и стеснением потока припаями льда. Толщина льда зимой составляет 100 см и более. Продолжительность ледостава в среднем 190-200 дней.

Руслоформирующий расход воды соответствует наибольшему в многолетнем плане стока наносов. При некотором допущении, для его расчета можно использовать произведение величины стока взвешенных наносов заданного интервала на его повторяемость и оценить соответствие стока наносов расходу воды за многолетний период. На рис. 1 приведена эпюра, полученная в результате подобного расчета, проведенного по 50-летнему ряду наблюдений. На кривой $Q\phi=f(Rp)$ выделяются два максимума: первый (верхний) наблюдается при расходе воды $11250 \text{ м}^3/\text{с}$ и соответствует уровню воды 850 см по Бодайбо и 710 см по в/п Воронцовка; второй максимум (нижний интервал) соответствует расходу воды $7125 \text{ м}^3/\text{с}$ при уровнях воды 615 см (Бодайбо) и 520 см (Воронцовка).

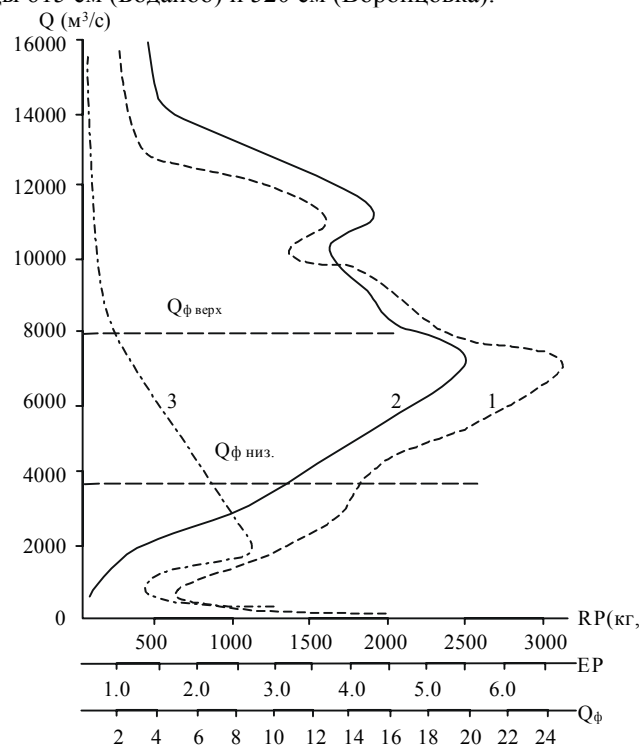


Рис. 1. Кривые для определения руслоформирующего расхода воды $Q\phi$ (1, 2) и зависимость кинетической энергии потока (E) от расхода воды (3)

При расчете руслоформирующих расходов воды по методике Н.И. Маккавеева они определяются по максимумам произведения $Q\phi=f(\sigma Q^m P I)$, где Q – средние значения интервалов расходов, P – их повторяемость, I – уклон, σ – коэффициент, зависящий от ширины поймы, m – показатель степени, $m = 3$ для рек с галечно-валунным аллювием. Получен-

ная в результате расчета кривая (рис.1) и кривая $Q\phi=f(R\rho)$ имеют одинаковую форму, их максимумы совпадают. Поэтому о существовании выделенных интервалов руслоформирующих расходов воды можно говорить с некоторой достоверностью. Они наблюдаются в периоды высоких половодий и паводков. Однако повторяемость их составляет всего 1-2%, поэтому временной интервал максимального переформирования русла очень мал. Это также подтверждается кривой распределения кинетической энергии потока $E_K P=f(Q)$, где $E_K=aV^2/2g$ – кинетическая энергия потока, V – средняя скорость потока, $g=9,81$ м/с², a – коэффициент Кориолиса. Максимум кинетической энергии в многолетнем плане приходится на величину примерно соответствующую среднегодовому расходу воды 1700 м³/с (рис. 1).

Геолого-геоморфологические факторы формирования русла и геоморфологическое строение долины.

Нижнее течение р.Витима (300 км – устье) располагается на стыке Байкальской складчатой зоны и Сибирской платформы. Река последовательно пересекает несколько тектонических зон, отличающихся различным, порой контрастным геологическим строением, что непосредственно проявляется в морфологии долины и русла. В пределах Байкальской складчатой зоны река пересекает Бодайбинский синклиниорий (300-275 км), Мамский синклиниорий (228-172 км), Чуйский антиклинорий (172-108 км), сложенные деформированными осадочно-метаморфическими породами протерозоя, как весьма устойчивыми к разрушению (гнейсы, кварциты, кварцевые песчаники, кристаллические известняки), так и относительно слабоустойчивыми (углистые сланцы, мергели, алевролиты).

На участке 275-228 км долина прорезает палеозойский интрузивный комплекс, представленный различными разновидностями гранитоидов, которые инъецированы пегматитовыми телами блоковой и жилоподобной формы. Чрезвычайно прочные пегматиты образуют в русле каменные гряды (например, на перекатах Гранитный, Собачьи Норки и др.), а также проявляются в виде струенаправляющих мысов ведущих коренных берегов, отклоняют поток и способствуют формированию отрывных вихревых течений. Последние вырабатывают в русле реки эрозионные котлы глубиной более 20 м. Аналогичную роль играют жилы пегматитов северо-восточного (диагонального по отношению к руслу) простирания в 10-15-км зоне в районе устья р.Мамы. Располагающийся здесь о.Каменный – эрозионный остаток одной из таких жил, представляет пример структурно обусловленного разветвления русла.

Область перехода от Чуйского антиклинория к Ангаро-Ленскому прогибу (108-77 км) характеризуется большим количеством дизъюнктивных нарушений – разломов, сбросов и надвигов. Нижний отрезок долины Витима, располагающийся на периферии Ангаро-Ленского прогиба, пересекает антиклинальные, сложенные осадочными породами нижнего кембрия,

и синклинальные зоны, представленные породами среднего-нижнего кембрия и ордовика – песчаниками, сланцами, известняками, доломитами.

Непосредственно в долине Витима коренные породы частично перекрыты породами четвертичного возраста. Нижнечетвертичные аллювиальные отложения ленского эрозионного цикла, сформированные в доледниковых долинах, занимают сравнительно небольшие площади в нижней части участка. Они представлены галечниками с глинистым заполнителем. Среднечетвертичные отложения представлены серыми опесчаненными галечниками, имеющими в своем составе хорошо окатанную гальку различного петрографического состава. Мощность среднечетвертичных аллювиальных отложений достигает местами 10 м и более. Современные отложения формируются в пойменных частях долины, образуя узкие полосы вдоль русла. Пойменная фация обычно представлена песками с илистыми и глинистыми прослоями. Русловая фация сложена галечниками с валунами и разнозернистым песком; обычно она более мощная, чем пойменная. Четвертичные отложения часто прерываются выходами в русле реки коренных пород.

Глубина вреза долины максимальна в пределах Байкало-Патомского нагорья (до 1000 м), на Приленском плато – снижается до 300-400 м. Широкое развитие в долине скальных пород, небольшая ширина, а зачастую отсутствие поймы предопределяют ограниченный характер русловых деформаций.

Выше устья р.Мамы долина имеет ширину 0,9-1,5 км и достигает 2,5-2,8 км в отдельных четковидных расширениях: Бодайбинском (275-295 км) и 235-255 км на перекатах Еловый – Заячий. Здесь на пологих долинных склонах сохранились остатки террас высокого комплекса от 50 до 150 м. В целом ряде мест прослеживаются остатки террас среднего комплекса высотой 20-25 м. Низкие террасы и пойма обычно составляют единый массив в котором разновысотные поверхности соседствуют друг с другом, образуя плавные переходы. Рельеф пойменно-террасовых комплексов гривисто-островной, свидетельствующий о механизме их формирования путем причленения островов и наращивания параллельными грядами со стороны русла. На поперечном профиле через террасовый массив иногда прослеживаются 2-3 островных ядра, первичный пойменный рельеф которых с удалением от русла все более выравнивается. Тыловые швы террас обычно заплывают благодаря солифлюкционным процессам и перемещению материала курумных склонов, которыми сложены борта долин.

Выше Нестеревского переката массивы поймы и низких террас располагаются в шахматном порядке то по одному, то по другому берегу. Их средняя протяженность около 4 км. Пойменные комплексы также приурочены к выпуклым берегам врезанных макроизлучин. Наиболее широко во всем комплексе низких террас и поймы представлены 11-13 – метровые поверхности. Низкие террасы часто в виде останцов располагаются среди пойменных массивов, крупные острова имеют террасовое ядро. Свидетельством интенсивного современного врезания реки служат также эрозионные

останцы, сложенные коренными породами. Некоторые из них выступают в русле реки (остров Каменный).

На участке от р. Мама до р. Верхняя Язовая (171-97 км) ширина долины в расширениях достигает 1,9-2,1 км, в сужениях уменьшается до 1,0-1,3 км. По сравнению с вышележащим участком ширина долины уменьшается, но становится более выдержанной, хотя чередование сужений и расширений происходит чаще. Террасы высокого комплекса отсутствуют. Средневысокие террасы (20-50 м) распространены в районе Мамского, Светлолобовского, Лопатинского, Воронцовского перекаатов. В низком террасовом комплексе ведущая роль остается за 11-13 – метровым уровнем. Часто встречаются аллювиальные террасовые останцы, но коренные останцы исчезают.

На нижнем участке течения Витима (97-0 км) ширина долины в четковидных расширениях достигает 4,0-4,5 км, в сужениях – не менее 2,2-2,5 км, то есть по сравнению с вышележащими отрезками реки долина расширяется более чем вдвое. В расширениях значительные площади занимают остатки высоких террас (до 90-100 м). Средневысокие террасы (20-40 м) широко распространены по левому борту долины ниже 43 км. В морфологии поймы и низких террас изменений по сравнению с вышележащими участками нет.

Ширина долины является показателем амплитуды горизонтальных деформаций русла в геологическом прошлом. При пересечении гранитов конкудеро-мамakanского, мамско-оронского и чуйско-кодарского интрузивных комплексов ширина долины минимальная. На этих участках отсутствуют высокие террасы, увеличивается относительная доля скальных берегов, ограничивающих горизонтальные деформации. Максимальная ширина долины отмечается на участках осадочных и слабометаморфизованных пород. В то же время размах современных горизонтальных деформаций, независимо от состава коренных пород, сокращается вниз по течению, обнаруживая связь с формой продольного профиля (уменьшение уклонов) и типами русла (наличие пологих излучин и большее количество островов на верхнем участке, преимущественно прямолинейное неразветвленное русло на среднем и нижнем).

Таким образом, горизонтальные деформации в современном и геологическом масштабах времени представляют собой явления разного порядка и определяются разными факторами. Более широкое развитие 11-13 – метровых террас по сравнению с высокой поймой свидетельствует об уменьшении темпов горизонтальных деформаций в конце позднего плейстоцена-голоцене. В то же время, характер рельефа поверхности низких террас (гривисто-островной рельеф) говорит об отсутствии кардинальных изменений типа русла в это время. Наличие коренных и аллювиальных эрозионных останцов на всех уровнях средних и низких террас позволяет предположить неизменность режима врезания реки за последние десятки тысяч лет.

Одним из факторов интенсивности современных горизонтальных деформаций является противоэрозионная устойчивость берегов русла. В таблице 1 приведено распространение берегов разных типов для трех участков долины. Вниз по течению реки увеличивается доля галечно-валунных бичевников и, соответственно, уменьшается протяженность скальных бичевников. Следует отметить, что песчаные бичевники наиболее распространены на верхнем участке русла, наряду со скальными – это отражает контраст гидродинамических условий в прибрежной полосе русла.

Таблица 1
Относительная (в %) протяженность различных типов берегов и бичевников и темпы их размыва на участке р.Витим

		Участок, км от устья		
		300-171	171-97	97-15
Бичевники:	песчаные	7,9	1,6,	0,9
	галечно-валунные	42,0	56,4	74,7
	валунно-глыбовые	13,2	18,2	4,5
	валунно-скальные и скальные	18,3	14,1	7,8
	отсутствие бичевника	8,2	2,5	2,8
Берега:	стабильные	26,0	22,0	46,1
	слабоподмываемые	19,3	27,2	13,1
	среднеподмываемые	10,2	19,4	14,1
	сильноподмываемые	10,3	2,6	5,0
	скальные	23,8	21,6	12,4
	аккумулятивные	10,4	7,2	9,3
Средний уклон водной поверхности, ‰		0,250	0,207	0,156
Площадь размыва берегов, м ² /год		21900	9330	9780
Средняя скорость отступления нескальных берегов, м/год		0,10	0,08	0,07

Состав и распределение руслообразующих наносов

Источниками руслообразующих наносов Витима являются коренные берега, на которых развиваются обвально-осыпные процессы, и курумы, поставляющие крупнообломочный материал непосредственно в русло, подмываемые уступы террас и поймы, а также многочисленные горные прито-

ки, выносящие в основном гальку и валуны.. Среди наносов, слагающих отмостку, наиболее распространены крупные галечники, реже средние и мелкие, в большинстве своем со значительной примесью валунов. Нередко отмостка сложена преимущественно валунами (до 60-70% состава), особенно на конусах выноса из притоков и на прибрежных косах. Наносы отмостки "бронируют" толщу полифракционного и в целом более мелкого материала, предохраняя его от непосредственного воздействия потока.

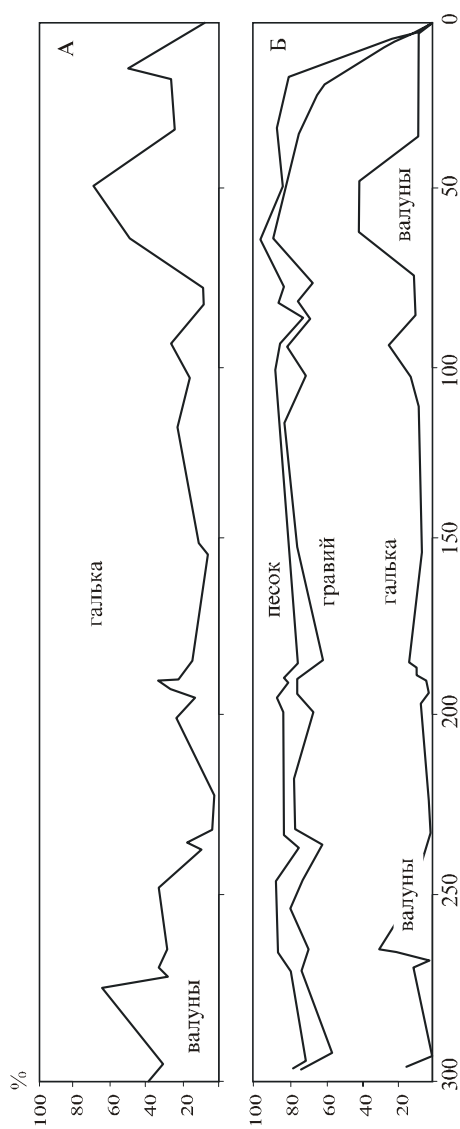


Рис. 2. Изменение содержания основных составляющих наносов (валунов, гальки, гравия, песка) по длине р. Витим (0 - 300 км от устья): А - в отмостке; Б - аллювиальной толще

Анализ соотношения валунов, гальки и песка в составе аллювия (рис. 2) показывает, что содержание валунов в отмостке и в аллювиальной толще изменяется по длине реки синхронно, т.е. возрастание процента валунов в отмостке соответствует увеличению их доли в аллювиальной толще. Содержание гравия и песка в аллювиальной толще по длине реки практически не меняется. Лишь в низовьях реки, начиная с 30 км, процент гравийно-песчаной составляющей возрастает, а в 2-3 км от слияния с Леной в дельте Витима некоторые отмели являются песчаными.

В местах поступления обвального-глыбового материала со склонов на бичевниках и непосредственно в русле наблюдается скопление камней-одиночек – плохоекатанных глыб и валунов размером от одного метра и более в поперечнике. Камни-одиночки выносятся в Витим его притоками – Бисягой, Брызгуньей, Тахтыгой, Барчихой и Максимихой.

Руслообразующие наносы в русле Витима часто прерываются, и на дне и по берегам обнажаются коренные скальные породы.

Особенно это ярко проявляется выше устья р.Мамы. Дефицит наносов отмечается на большинстве притоков, впадающих в Витим: многие из них в устьях имеют скальное ложе. В самом Витиме выходы коренных пород образуют отдельные скальные выступы, шиверы и бичевники.

Петрографический состав валунного и галечного материала заметно изменяется по длине исследованного участка, что обусловлено, с одной стороны, геологическим строением территории, а с другой – устойчивостью обломков пород, поступающих в русло, в транзите. Выше Мамакана он в основном представлен изверженными и метаморфическими породами с небольшой примесью (3-10%) осадочных. Между устьями Мамакана и Мамы доля изверженных пород падает: в составе крупных валунов от 90% до 64%, в крупной гальке – от 90% до 62%, в средней гальке – от 80% до 60%.

На участке перекат Кудимовский (163 км) – устье Витима доля изверженных пород, среди которых преобладают граниты, падает с 80-84% до 38% в крупной гальке и с 60-70% до 26% в валунах. В петрографическом составе средней и мелкой гальки резкого снижения доли изверженных пород на этом участке не наблюдается. Выход реки в поле распространения осадочных пород на отрезке 100-800 км от устья приводит к резкому увеличению доли галек песчаников, их количество возрастает особенно в прибрежных частях русла до 50%.

Устойчивость пород разного петрографического состава к истиранию и выветриванию находит свое отражение в окатанности обломков. Окатанность наносов галечной и валунной фракций высокая и меняется от 2,00 до 3,15 балла. Неокатанная и плохоокатанная галька составляет не более 15%. Наиболее хорошо окатана крупная галька, по сравнению с валунами и мелкой галькой. Большое количество битого и обколотого материала (местами до 40-45%) встречается во фракциях валунов и средней гальки, что указывает на большое число соударений обломочных пород друг с другом или с многочисленными скальными выступами в русле. На рис. 3 представлено изменение коэффициента окатанности фракции средней гальки в составе аллювиальной толщи по длине реки. Некоторое уменьшение окатанности по длине с 300 км до 120 км свидетельствует об интенсивности дробления аллювия в русле Витима на этом отрезке в связи с обилием скальных выступов. Возрастание окатанности на отрезке ниже Венчального переката (90км от устья) связано с появлением более податливых к истиранию пород – песчаников, окатанность которых через 40-60 км достигает 2,6-2,8 балла почти во всех фракциях. По степени окатанности породы можно расположить в ряд: песчаники – граниты – гнейсы – эффузивы – кварц – кварцит.

Средняя крупность руслообразующих наносов по длине реки (рис. 3) имеет слабую тенденцию к уменьшению вниз по течению. Наиболее крупный материал слагает бичевники, конуса выноса из притоков, прибрежные косы, право- и левобережные зоны отмелей у оголовков островов. На приверхах отмелей у островов, а также осередков крупность материала как в отмыстке, так и в аллювиальной толще значительно снижается, поскольку

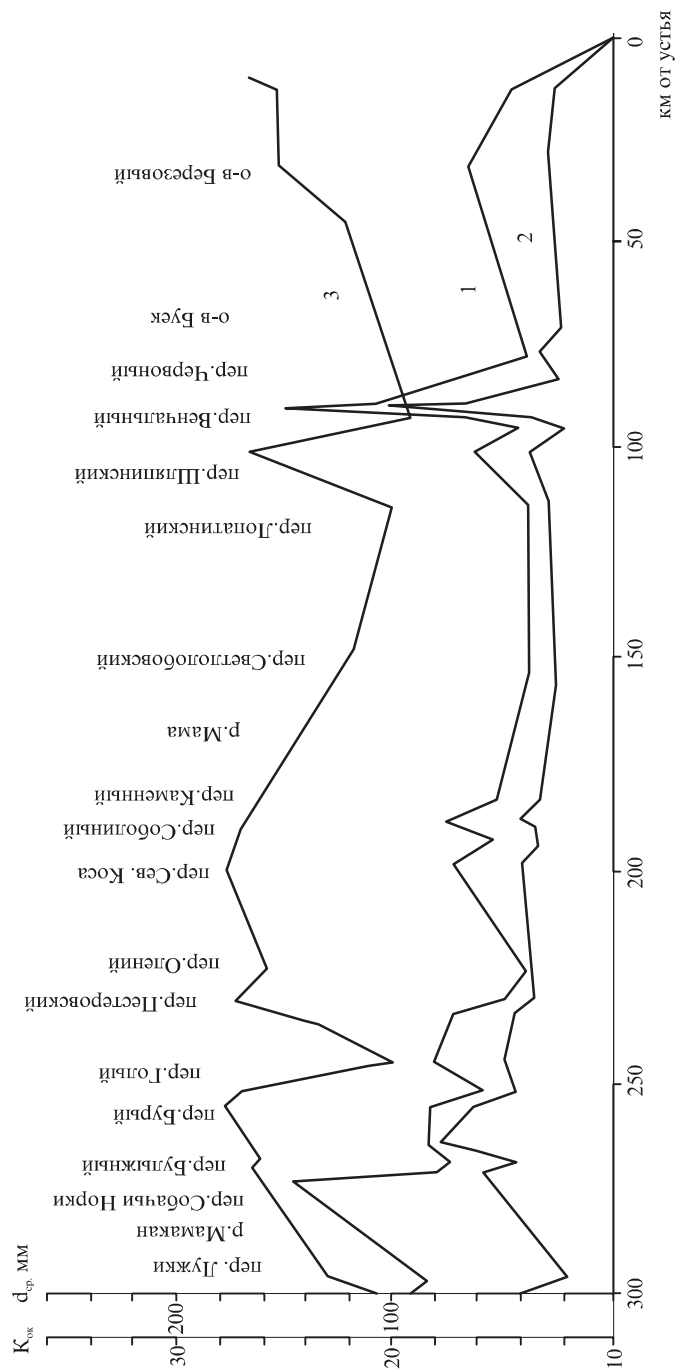


Рис. 3. Изменение средней крупности руслообразующих наносов в отстойке (1) и в аллювиальной толще (2) и коэффициента окатанности (3) р. Витим

уменьшение скоростей течения, вызванное подпором со стороны островов способствует здесь аккумуляции относительно мелкого материала.

В ухвостьях большинства островов аккумулируется относительно мелкий материал в случаях, когда остров формирует скоростную тень потока. Если же гряда в ухвостье расположена поперек или близко к этому относительно стрежня потока, здесь аккумулируется наиболее крупный материал, что наблюдается, например, в ухвостьях островов Кудимовского, Жуковского, Заячьего, где средняя крупность аллювия в отмыске существенно возрастает по сравнению с материалом приверха этих островов.

Связь значений средней крупности руслообразующих наносов с шириной русла, соответствующей руслоформирующим расходам воды, а также с уклонами при проектном уровне выражена чрезвычайно слабо (рис 4А). В то же время отмечается прямая связь крупности материала отмыски с паводочными скоростями потока. (рис. 4Б) Это подтверждает предположение о ведущем значении геолого-геоморфологического фактора в формировании русла Витима.

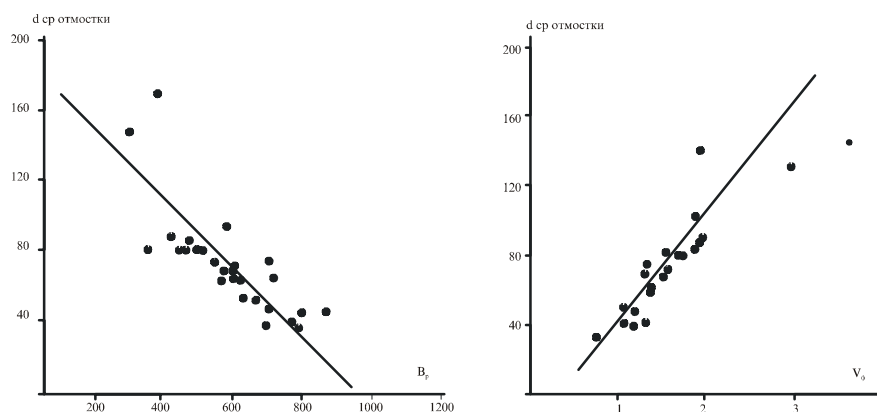


Рис. 4. Связь средней крупности руслообразующих наносов при формирующих расходах воды с шириной русла (А) и со средней скоростью потока (Б)

Наличие в русле выходов коренных пород свидетельствует о том, что транспортирующая способность потока превышает сток влекомых наносов, т.е. имеет место дефицит наносов руслообразующих фракций.

Величина этого дефицита может быть оценена лишь в относительных категориях по распространенности участков скального дна на разных отрезках русла. Выходы коренных пород достаточно четко дешифрируются по изображению поверхности дна русла на эхоленте. Проведенный анализ показал, что на участке 300-171 км (выше впадения р.Мамы) площадь скальных участков составляет 10,7 км² (17,3% от общей площади русла), на участке 171-96 км-2,2 км² (5,3%). Ниже по течению выходы

скальных пород незначительны по площади, а в русле широко развит грядовой микрорельеф, затрудняющий выделение скальных пород на поперечных профилях русла. В целом имеется тенденция убывания "скальности" вниз по течению, что свидетельствует и об уменьшении дефицита руслообразующих наносов. Определенную роль в этом играет вынос больших объемов галечного материала р.Мамой, но основной причиной, по-видимому, является постепенное уменьшение уклонов и средних скоростей течения Витима ниже ее впадения, т.е. форма продольного профиля.

Динамика потока, продольный профиль и морфология русла

В период проведения экспедиционных исследований удалось провести ряд измерений скоростей течения и расходов воды на различных участках Витима в широком диапазоне уровней. Параллельно с этим проведены наблюдения за продольным профилем водной поверхности в период открытого русла.

Значения измеренных расходов воды изменялись от 1500 м³/с в межень до 15000 м³/с при паводках. Максимальные скорости течения в местах проведения измерений достигали 3 м/с, при этом следует отметить, что в ряде мест значения скоростей течения были выше измеренных, однако точное их определение не представляется возможным при использовании обычной гидрометрической вертушки. Средние скорости течения по сечению потока плавно убывают от 300 км до устья: в период прохождения руслоформирующих расходов воды от 1,75 м/с до 1,25 м/с, в межень – от 2,00 м/с до 0,70 м/с. В области прорезания потоком выходов коренных пород (например, перекаты Собачьи Норки и Венчальный) скорости потока в межень даже выше, чем в период прохождения руслоформирующих расходов воды. В некоторой степени такое явление объясняется тем, что неразмываемое ложе реки на этих перекатах представляет собой аналог подтопленного водослива, хотя в целом за многолетний период существования река в нижнем течении разработала себе русло, соответствующее гидравлическим параметрам потока и в большинстве случаев его форма имеет вид, присущий равнинным рекам. Неразмывающие скорости для среднего диаметра наносов, составляющих аллювиальную отмостку русловых отмелей, изменяются в пределах от 2,2 м/с до 3,2 м/с, что легко достигается потоком, особенно в период прохождения руслоформирующих расходов воды. Таким образом, сток донных наносов осуществляется практически беспрепятственно. Морфологически это выражается в скудности развития аллювиальных русловых форм, малой мощности конусов выноса притоков. В то же время Витим формирует обширную дельту в области слияния Витима с Леной. Более того, ниже слияния доля стока витимских наносов в Лене существенно возрастает, и они хорошо прослеживаются на расстоянии многих сотен километров.

На всем своем протяжении нижний Витим течет в условиях ограниченного развития русловых деформаций и имеет врезанное русло. Смена по длине реки литологических комплексов и геологических структур приводит к изменению морфологии русла (Гурин, Лодина, 1994). В целом по длине реки преобладает врезанное неразветвленное прямолинейное русло (51%). Вторым по распространенности являются различные типы разветвлений (31%). На долю врезанных излучин приходится 18% общей длины русла. Наиболее протяженные прямолинейные участки приурочены к зонам разломов (258-253 км) или границам литологических комплексов (247-238, 62-50 км). Иногда они встречаются на литологически однородных участках и связаны с параллельным смещением русла относительно своей оси в сторону одного из берегов с образованием отвесных береговых уступов, приуроченных к пересечению разломов (район г. Бодайбо, устьев рек Мамакана и Мама).

Врезанные излучины, как правило, представляют собой резкие изгибы в местах пересечения разломов. Шаг их не превышает 2 км, радиусы кривизны – 2,5 км. наряду с ними встречаются макроизлучины, параметры которых намного превышают могущие быть созданными современным потоком. всего выделяется четыре макроизлучины с длиной русла вдоль них 10-22 км при шаге не менее 6,5 км. Крылья таких излучин фиксируют ось простирания синклинальных складок, положение региональных разломов или границу литологических комплексов.

На Витиме не развиты островные системы. Здесь встречаются, как правило, либо одиночные разветвления, либо острова примыкающие к одному из берегов. Рукава возле островов короткие. Прилежащие к берегам рукава забирают до 10% общего расхода воды и в межень часто пересыхают в истоках. Их используют для устройства немногочисленных мест отстоя судов (например, затоны Кудимовский и Воронцовский). В противоположность им, одиночные русловые разветвления образуются возле мест проявления выступов коренных пород, являющихся базисом острова. Такие острова расположены в центральной части русла и делят поток почти пополам. Второстепенные рукава забирают от 30% до 45% общего объема стока.

Большинство разветвлений расположено выше устья Мама, где происходит частая смена литологических комплексов по длине реки. Многие из них являются одиночными и связаны с островами, образовавшимися в вершинах врезанных излучин. Литологический фактор в полной мере определяет формирование разветвлений между участками прямолинейного неразветвленного русла: даже незначительные расширения русла, приуроченные к районам распространения менее прочных горных пород, вызывают снижение скоростей потока и частичную остановку галечно-валунного материала с образованием осередков и островов (Беркович, Зайцев и др., 1985). Преимущественно развиты на нижнем Витиме одиночные и односторонние разветвления (77% от общего их числа). Наиболее сложное трехрукавное разветвление находится в зоне перехода от интрузивного к осадочному

комплексу горных пород (Венчальный пережат). В целом составляющие разветвления нижнего Витима острова в большинстве своем являются скульптурно-аккумулятивными образованиями.

Крупным аккумулятивным разветвлением является дельта Витима. Распределение расходов воды в узле слияния рек Лены и Витима измерялось летом 1983 и 1988 гг. при высоких горизонтах воды: в первом случае, уровень превышал низкий меженный на 800 см, во втором – на 460 см. Наибольший расход воды в устье проходит по левому широкому и относительно мелкому рукаву. Плавное сопряжение разветвлений у островов Еловый и Липаевский обусловило значительный отток воды по обе стороны острова Елового и меньший, но сравнительно постоянный, между островами Липаевский и Медвежий. В более высокую воду расходы в левом рукаве несколько увеличиваются (около 3%). При снижении уровней сток левого рукава несколько снижается, а правого возрастает примерно на 2%. В целом сток Витима в дельте распределяется следующим образом: 58-60% пропускает левый рукав, 42% поступает в правый судоходный рукав. В устьевой части рукавов, за счет перетока воды между островом Медвежий и Липаевский их роль меняется.

Для выявления амплитуды и фаз взаимного подпора в узле слияния Лены и Витима была использована методика сравнения и анализа соответственных уровней по постам, расположенным как выше узла слияния, так и непосредственно в месте дивергенции потоков (Беркович, Зайцев, 1970). Для Лены это были водопосты Змеиново и Визирный, для Витима – Бодайбо и Воронцовка. Расстояние между водопостами и устьями на обоих реках при расчетах могут быть приняты как равные. Связь уровней между ними имеет линейный характер. Для сопоставления наблюдавшихся на водопостах уровней были использованы уровни воды 50% обеспеченности. Для Витима амплитуда подпорных уровней составила в среднем 150 см, а ее максимальная величина достигала 350 см при естественной ошибке расчетов 80 см. В отдельные моменты уровни Витима бывают меньше ленских, но не более, чем на 270 см. Во временном отношении уровни Витима чаще бывают выше ленских, особенно в период прохождения высоких летних паводков.

Расчеты взаимных подпоров сливающихся рек показывают, что р.Лена имеет более высокие уровни воды, чем Витим, в начальный период половодья. В остальное время она находится в подпоре, особенно в периоды прохождения многочисленных и многоводных летних паводков на Витиме. Исключением являются периоды глубокой летней межени и продолжительной зимы, когда уровни в Лене несколько выше и Витим находится в состоянии динамического подпора. Транспортирующая способность потока Витима в устье существенно снижается, что проявляется в формировании обширной дельты и резком уменьшении диаметра частиц донных фракций. В другие периоды времени Витим имеет большую удельную транспортирующую способность, чем Лена.

Продольный профиль водной поверхности имеет тесную связь с геологическим строением ложа потока. Выходы коренных пород или изменение их прочности в сторону увеличения отмечаются резкими перепадами глубин на профиле дна. На профиле водной поверхности выходы коренных пород отражаются в виде характерных ступеней. Продольный профиль нижнего Витима в межень выше устья Мамы в целом прямолинейный, а после впадения Мамы преобразуется в вогнутый. Перед слиянием с Леной продольный профиль выполаживается в области выхода осадочных пород. Неровности продольного профиля приурочены к местам близкого залегания коренных пород в русле. Особенно заметны перегибы продольного профиля на таких мелководных и коротких перекатах, как Собачьи Норки, Оленьи острова, Мамский, Лопатинский и Венчальный, а также и на более протяженных выступах перекатных участков Еловый-Бурый, Голый-9-е Зимовье, Колотовский-Соболиный, Светлолобовский. Явление водослива, возникающее здесь в период межени, приводит к значительному увеличению скоростей течения и местным просадкам урвней. С увеличением горизонтов воды относительно мелкие неровности продольного профиля сглаживаются, но перегибы, контролируемые протяженными выступами коренных пород на длинных перекатах, остаются.

На рис. 5 приведены продольные профили, построенные для перекатного участка, расположенного непосредственно вблизи гидрологического поста Воронцовка. Отметки горизонтов воды удалось измерить вдоль правого и левого берегов в широком диапазоне урвней. Анализ отметок горизонтов воды при повышении урвней обнаруживает существенные деформации профиля водной поверхности, что указывает на резкое изменение гидравлических условий течения при смене фаз гидрологического режима под влиянием сложившейся геометрии русла. Условия, при которых наблюдается "игра" уклонов при изменении урвней воды, типичны для валунно-галечных и скальных русел рек и объясняются тем, что русло на перекатах можно рассматривать как широкий подтопленный водослив (Зайцев, 1989). Как видно из рисунка, уровень воды в нижней плесовой ложине ниже Венчального переката выше на 220 см, чем непосредственно на посту Воронцовка при урвнях 700 см выше проектного горизонта. При меньших урвнях воды эта разница снижается, а при проектных горизонтах и ниже, как правило, наступает обратная картина. Для учета подобных ситуаций при дноуглубительных работах и, особенно, при проведении промеров и определении величины резочного горизонта подобные схемы были построены для всего отрезка реки.

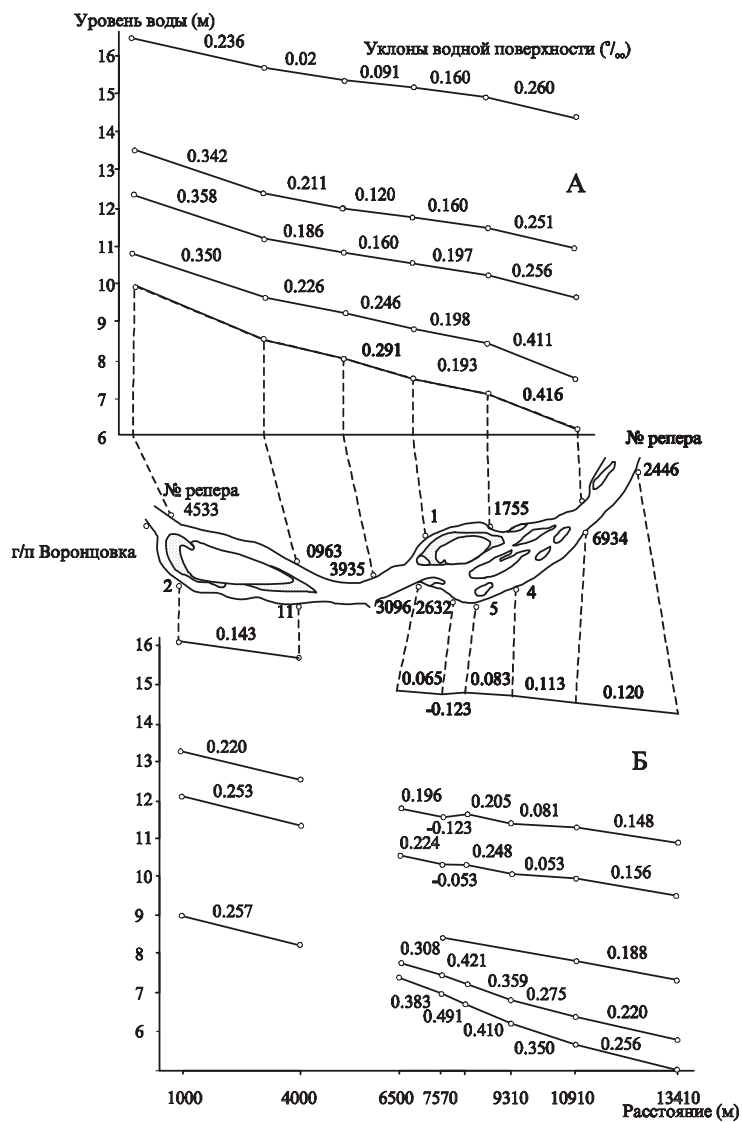


Рис. 5. Продольные профили водной поверхности при различных уровнях воды р. Витим на участке перекатов Шляпинский-Венчал'ный

Скальный и грядовый рельеф русла, перекаты

Для нижнего Витима характерно наличие значительных по площади участков скального дна. Закономерности их распространения и рельеф изучались путем анализа продольных и поперечных (выполненных через 100-150 м) эхолотных профилей дна.

Рельеф скальных участков дна отличается резкими изменениями высот как в продольном, так и в поперечном направлениях. Продольные профили русла фиксируют наличие разномасштабных скальных гряд длиной до нескольких десятков метров и высотой до 2-3 м. В продольном разрезе скальные гряды имеют обычно симметричную форму и отличаются от аллювиальных гряд большей крутизной и резкостью очертаний. Поперечные профили русла демонстрируют аналогичную картину, что позволяет предполагать у большинства скальных гряд изометричную, холмовидную или пикообразную плановую форму, обусловленную сеткой трещиноватости коренных пород. В то же время, наблюдения на отмелях участках русла показывают, что более мелкие скальные гряды (с шагом дециметры-первые метры), оставшиеся вне пределов разрешающей способности эхолотов, часто близки по форме к аллювиальным грядам с крутым низовым и пологим верховым скатами и значительным отношением ширины гряды к длине.

Расселины скального дна, представляющие собой расширенные действием водного потока и субаквального выветривания трещины, не проявляются в рельефе дна столь же отчетливо, как положительные формы, поскольку заполнены аллювием. На неразветвленных участках с близкой к параболической формой сечения русла площади распространения скальных пород локализованы преимущественно в пределах бортовых частей русла и относительно редко отмечаются в зоне тальвега – посередине реки, где сосредоточен основной поток наносов. В пределах одиночных разветвлений обычна обратная картина: скальное, лишенное аллювия дно обнажается в центральной части обоих или одного из рукавов.

На участке от г.Бодайбо до впадения р.Мамы (300-171 км от устья) в русле Витима преобладают крупногалечные и мелковалунные наносы, грядовый рельеф развит слабо. В основном встречаются случайные одиночные гряды длиной до 100 м. Поля сплошного распространения грядовых форм редки и тяготеют ко второстепенным протокам, где происходит локальное уменьшение крупности руслообразующих наносов. Преобладают гряды с неразвитым профилем, а также начальные, неразвитые формы в виде низкоамплитудных волн поверхности аллювиального дна. Все это свидетельствует о высокой степени дефицита руслообразующих наносов того диапазона крупности, который является оптимальным для формирования гряд в данных гидродинамических условиях. Направленное уменьшение средних скоростей потока и степени скальности русла вниз по течению Витима свидетельствует об увеличении количества аллювия в русле, которое происходит в основном за счет достаточно подвижных фракций мелкой и средней гальки. Результатом этого является постепенное обогащение и усложнение структуры грядового рельефа, формирование ниже устья р.Мамы иерархии аллювиальных гряд.

Длины измеренных в русле Витима гряд составляют от 20 до 1750 м, высоты – от 0.08 до 5.3 м. Кривые распределения длин и высот гряд имеют плавную, без существенных изменений знаков кривизны форму, не позво-

ляющую провести выделение структурных уровней, в то время как на конкретных профилях русла выделяется до 5 порядков гряд. Случаи наличия полной иерархической структуры единичны. Наиболее часто встречается двух- и трехпорядковая иерархия, а также единичные гряды разных порядков.

Своеобразными являются прибрежные косы длиной 150-200 м и шириной 20-50 м. Они примыкают к галечно-валунным и валунным бичевникам преимущественно в зонах нарушения безотрывного обтекания потоком берегов на выпуклых изгибах береговой линии. Валунный материал для формирования кос поставляется мелкими горными притоками, либо переносом потоком материала размываемых бичевников и цоколей низких террас.

Гряды перекатов в условиях дефицита наносов часто имеют лишь частично аккумулятивное строение, представляя собой выступы скального ложа, прикрытые слоем аллювия небольшой мощности. Неровности коренного ложа в большой степени предопределены геологическими причинами, однако ведущая роль в формировании руслового рельефа принадлежит водному потоку, и по своему облику и положению в русле подобные структурно-аккумулятивные перекаты близки к аллювиальным.

На верхнем отрезке река течет в неразветвленном пологоизогнутом русле вплоть до первого сложного переката Собачьи Норки. На 280 км в Витим впадает река Мамакан. В самом устье Мамакана возведена плотина гидроэлектростанции. Плотина преградила вынос галечных и валунных наносов из притока, которые в свое время образовали мощную высыпку, сформировавшую возле левого берега систему крупных побочней и осередков. Здесь образовался перекат Собачьи Норки.

Русло в районе переката расширяется с 340 до 780 м, на останцах коренных пород образовались острова. Русло двумя группами островов и осередков делится на три рукава – судоходным является средний. Глубина потока при проектных уровнях на коротком гребне переката снижается до 1,8-2,0 м, в то время как плесовые ложины глубокие. Длина расширенного участка достигает 1200 м. Ниже по течению русло на расстоянии 16 км прямолинейное и на большем своем протяжении неразветвленное. Одиночные острова встречаются только на перекатах Булыжный и Базановский, обуславливая расширение русла реки с 500 до 800 м.

На 256 км сравнительно узкое (до 500 м) русло Витима вновь расширяется, образуя чередование одиночных разветвлений со сравнительно длинными неразветвленными вставками. Перекаты также формируются возле островов, наиболее известные из них Еловый и Бурый. В первом разветвлении судоходным является левый рукав с шириной до 220 м, правый в низкую воду пересыхает. В нижнем разветвлении судоходство осуществляется по правому рукаву. В нижней части судоходного рукава, под правым берегом имеются остатки выправительных сооружений. Следующее вниз по

течению одиночное разветвление начинается после 5-километровой прямолинейной неразветвленной вставки.

Значительное расширение русла имеет место на 236 км (с 380 до 1050 м). Здесь сформировался за счет отторжения пойменного массива о-в Заячий. Правобережный рукав разветвления обмелел. В верхней части разветвления у левого берега имеется небольшая каменистая коса, а несколько ниже, у острова Заячий – мощный побочень с включением большого количества камней-одинцов. В нижней части косы, занимающей две трети меженного русла, появляются маленькие, невысокие осередки. Собственно корыто переката располагается между левобережной косой и побочнем. Ниже переката русло вновь сужается до 240 м.

Таким образом, практически все перекалы Витима приурочены к расширенным отрезкам русла в которых сформировались осередки или острова. Естественно, что следующий по более узкой протоке судовой ход в ряде мест имеет ограничения по глубине, так как часть воды отводится во второстепенную протоку. Неразветвленные отрезки между расширениями представляют собой глубокие плесы и имеют случайную длину от 1 до десятков километров в зависимости от геолого-геоморфологических условий формирования долины. Здесь в расширениях сформировались перекалы Пестеревский, Оленьи острова, Могучий, Колотовский, Соболевский, Шляпин и др. Часть второстепенных проток в разветвлениях в межень пересыхает.

Определенный интерес с точки зрения генезиса представляет разветвление на 184 км в районе переката Каменного. Здесь в русле выходит локальный выступ каменной породы с образованием острова-утеса диаметром 150 м. За островом в области скоростной тени образовалась небольшая галечная отмель, покрытая в подводной части каменной россыпью.

На 172 км в Витим впадает его последний приток – р. Мама. Вследствие преимущественного подпора со стороны Витима большого выноса аллювия из Мама не наблюдается. Характер русла и перекалов остается прежним вплоть до перекалов Шляпинский и Венчальный. Ниже водопоста Воронцовка средние уклоны реки заметно снижаются. В совокупности с расширением долины изменение уклонов привело к образованию в низовьях Витима сравнительно широких пойменных разветвлений. Наиболее примечательное расширение русла имеет место в районе Венчального переката, где река резко изменяет свою ширину с 550 м до 2100 м. В районе расширения образовались два острова – Криволицкий и Венчальный, а также обширные отмели, подпирающие транзитный поток Витима. Поэтому для судоходства используется правобережный рукав с узким извилистым фарватером.

Между перекалом Венчальный и дельтой Витима имеется несколько простых одиночных разветвлений, морфологически очень схожих. Например, к ним относятся разветвление на 85-83 км в районе переката Червонный, где ширина потока увеличивается с 450 до 800 м, остров Родионов на

66-64 км, остров Березовый на 31-29 км. Однако на нижележащем отрезке реки, кроме разветвлений часто встречаются короткие но рельефные побочни, приверх которых выслан валунной отмосткой. Эти побочни связаны с конусами выноса многочисленных малых притоков Витима.

В пределах рассматриваемого участка Витима имеется всего 35 перекатов, причем, что естественно, большинство из них расположены в верхней половине. На последних 100 км перекаты в среднем располагаются через 12,5 км при среднем шаге 5,8 км. Вследствие "дефицита" влекомых наносов перекаты характеризуются слабой выраженностью морфологических элементов. Часть из перекатов по навигационной терминологии можно отнести к перевалам, например, Бодайбинский, Собачьи Норки. Большая группа перекатов имеет длинные корытообразные гребни и параллельные, развивающиеся с обоих берегов, неодинаковые по размеру побочни. Как правило, оба побочни подводные даже в меженный период. Таких перекатов насчитывается девять – Базановский, Бульжный, 9-е Зимовье, Оленьи острова, Мамский, Светлолобовский, Лопатинский, Бычок, Еловый.

Характерными для участка являются перекаты с односторонним побочнем: Мамаканский, Голый, Заячий, Незаметный, Пестеревский и др. На ряде подобных перекатов, оттеснившие их побочни имеют более или менее развитую побочневую протоку – Кудимовский, Тихоновский. Побочневые протоки отвлекают из основного корыта часть воды, ухудшая их состояние. На участке можно также выделить несколько сложных перекатов, с хорошо развитой плесовой ложиной – Бурый, Могучий, Венчальный. К перекатам типа россыпи относятся Колотовский и Воронцовский.

Русловые деформации.

Геолого-геоморфологические условия руслоформирования определяют чрезвычайную замедленность как вертикальных, так и горизонтальных русловых деформаций.

Измерение величины отступления различных морфологических типов берегов за 11-летний период в створах реперов, для которых известно расстояние до бровки берега в момент их установления в 1978 г., позволило сделать оценку скорости отступления берегов (табл. 1). Слабоподмываемые берега размываются со скоростью до 5 см/год, среднеподмываемые – до 30 см/год, сильноподмываемые – до 3 м/год. Стабильные и скальные берега практически не размываются. Тенденция уменьшения темпов горизонтальных деформаций аллювиальных берегов согласуется с уменьшением среднего уклона, а значит и средних скоростей вниз по течению реки.

Улучшение условий судоходства

Как отмечалось, большинство перекатов на реке образовались в местах расширения русла и разветвления потока на рукава и протоки острова-

ми и осередками. Многие перекаты в своем основании имеют скальный выступ, лишь слегка прикрытый аллювием. Скальные выступы, на данном этапе освоения Витима, ограничивают возможности увеличения габаритов пути как вследствие дороговизны скалоуборочных работ, так и по причине возможного нарушения равновесного состояния продольного профиля, что непременно скажется на экологическом состоянии реки на судоходном отрезке.

Выправительные, дноуглубительные, камне- и скалоуборочные работы на реке в разных масштабах проводятся уже более 100 лет. За это время удалось создать водный путь, практически, удовлетворяющий требования существующего судоходства. Однако, в случае необходимости более интенсивной эксплуатации водной магистрали на ряде гребней перекатов целесообразно провести дноуглубление. Следует также заметить, что увеличение пропускной способности реки в транспортных целях можно добиться путем создания оптимальных графиков завоза грузов, используя периоды прохождения летних паводков. Методика краткосрочных прогнозов снижения паводковых уровней была разработана А.В.Христофоровым (Водные пути..., 1995). В этом случае, даже при сохранении существующих проектных уровней, имеющих достаточно высокую обеспеченность, без сверхзатрат можно довести гарантированную глубину до 2,0 м и обеспечить требуемые для глубоководного флота габариты фарватера в требуемые отрезки времени. Естественно, что наряду с этим требуется продолжить оборудование причалов с целью улучшения условий и ускорения разгрузки и оборачиваемости флота.

Средняя протяженность перекатов колеблется от 0,5 до 3 км, отдельные перекаты следуют друг за другом и соединены слабовыраженными плесовыми лощинами, образуя, как бы, серии перекатов длиной в десятки километров. Однако, наиболее лимитирующие судоходство отрезки гребней перекатов, где наблюдается стеснение потока в межень, как правило, короткие и не превышают в длину нескольких сотен метров. Тем не менее разработка целого ряда подобных гребней затруднена, здесь зачастую требуется проведение скалоразборных работ. Расчеты показывают, что увеличение глубины на мелководных участках гребней перекатов до 2,0-2,2 м на всех перекатах судоходного отрезка нижнего Витима не должно вызвать заметных последствий, связанных с посадкой уровня. Длинные по протяженности и глубине плесовые отрезки реки, соединяющие перекаты, и повышенная водность в летний период даже при сравнительно больших уклонах полностью гасят негативные последствия возможного дноуглубления.

Наибольший объем дноуглубительных работ потребуются выполнить на верхнем отрезке реки, в основном выше р.Мама. Дноуглубительные прорезы должны соединять верхнюю и нижнюю плесовые лощины перекатов по наиболее короткому направлению и плавно сопрягаться с существующим положением оси судового хода. Естественно, что при проведении дноуглубительных работ наиболее простыми будут работы по расчистке

скоплений рыхлого валунно-галечного аллювия, а не скалоразборка. Поэтому трассирование прорезей осуществлялось через места скопления донных наносов. В процессе работ в основном предложена подчистка чрезмерно выдвинувшихся в сторону судового хода гряд наносов.

Учитывая специфику режима Витима строительство подпорных гидротехнических сооружений не предлагается. Лишь в одном месте, на перекате Бурый, рекомендовано в районе нижнего корыта возвести короткую полузапруду межennale регулирования для устранения растекания потока по плосковершинным грядам, сформировавшимся в локальном расширении русла.

ЛИТЕРАТУРА

Беркович К.М., Зайцев А.А. Русловые процессы в узле слияния Бии и Катунь. // Метеорология и гидрология, 1976, № 8.

Беркович К.М., Зайцев А.А., Лодина Р.В., Чалов Р.С. Русловые процессы на больших реках Восточной Сибири с галечно-валунным аллювием // Вестник МГУ. Сер.5. География. 1985. № 3.

Борсук О.А., Долженко Ю.А., Зайцев А.А., Кирик О.М., Лодина Р.В., Матвеев Б.В., Христофоров А.В., Чалов Р.С. русловые процессы на верхнем Алдане и их учет при транспортном освоении реки // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 10. М.: МГУ. 1995.

Гурин А.Д., Лодина Р.В. особенности русловых процессов и морфология русла нижнего Витима // Геоморфология. 1994. № 1

Зайцев А.А., Савцова Т.М. Скульптурный и аккумулятивный рельеф врезанных русел рек Восточной Сибири и особенности его формирования // Геоморфология. 1994. № 4.