

ЯКУТСКИЙ ВОДНЫЙ УЗЕЛ НА РЕКЕ ЛЕНЕ – ПРОБЛЕМЫ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ

© 2012 г. Р.С. Чалов, О.М. Кирик, А.К. Ильясов, Д.В. Ботавин

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

Ключевые слова: русловые процессы, водный путь, водозабор, порт, разветвления, расходы воды в рукавах, регулирование, дноуглубление.

На основе анализа более чем 100-летнего периода переформирований русла р. Лены в районе г. Якутска делается вывод о трансформации сопряженных разветвлений в параллельно-рукавное и направленное смещение основного потока к правому берегу на всем протяжении участка. В результате складывается неблагоприятная обстановка для функционирования Якутского водохозяйственного и транспортного узла. Даются прогнозные оценки переформирований и предлагается комплекс мер по регулированию русла.

Введение

Участок р. Лены в районе г. Якутска является сложным водохозяйственным и транспортным узлом не только из-за сосредоточения на реке и приречных территориях многочисленных инженерных объектов и коммуникаций, но и вследствие постоянных интенсивных переформирований разветвленного русла, создающих опасность их разрушения, размыва берегов, обмеления акваторий причалов, водозаборов и водных подходов к предприятиям, неустойчивости и изменения положения фарватера и т. д. Река Лена – важнейшая воднотранспортная магистраль; в Якутске находится ступень гарантированной глубины судового хода, осуществляется перевалка грузов на суда класса «река–море»; сюда подходят Амуро-Якутская автомобильная магистраль (АЯМ) и только что построенная железная дорога; утвержден проект строительства мостового перехода через реку. Через Лену проложена трасса газопровода, ЛЭП, кабельные линии связи, действует паромная (зимой – ледовая) переправа Якутск – Нижний Бестях, непосредственно ниже города находится Жатайский судоремонтно-судостроительный завод с большим жилым поселком. Развитие города во многом связано с освоением намывных территорий на пойме и островах, соединенных глухими дамбами. Вдоль реки возведены противопаводковые дамбы, поскольку значительная часть города, располагаясь на высокой пойме, подвержена затоплению во время высоких половодий.

Водное хозяйство России № 3, 2012

Водное хозяйство России

Важное и все возрастающее экономическое значение Якутского водного узла обусловили повышенный интерес к нему, начиная с конца 60-х годов XX в. Наряду с систематическими съемками и промерами русла, выполняемыми изыскательскими партиями Якутского района водных путей ФГБУ «Ленводпуть», здесь впервые в 1972 г., а затем с интервалами 5–10 лет проводила русловые исследования научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова [1–4]. Однако регулирующие работы на реке проводятся в основном для обеспечения нормальных условий судоходства и решения частных задач, соответствующих определенному этапу реформирования русла. В результате на реке в районе Якутска к настоящему времени создалась ситуация, неблагоприятная для всей хозяйственной инфраструктуры города, прилегающих к нему объектов, водного пути, порта, связанная «с уходом» реки от города в рукава у противоположного берега. Это потребовало постановки специальных русловых исследований, позволивших не только обосновать схему мероприятий, направленных на нормализацию обстановки, но и выявить закономерности реформирования сложноразветвленного русла, каковым является Якутский водный узел.

Морфология русла

Якутский разбой (так на Лене называются сложные разветвленные участки реки) располагается посередине расширения дна долины между подходящими к реке мысами левого коренного берега – Табагинским утесом и Кангаласским Камнем (рис. 1). Пойма преимущественно двусторонняя, расчлененная маловодными пойменными протоками, и лишь в начале разбоя основной по водности рукав проходит на расстоянии 4 км вдоль обрывов высокой «бестяхской» песчаной террасы (40–45 м) или отделяется от нее узкой (не более 200–300 м) полосой высокой поймы. Ниже Табагинского утеса русло прямолинейное, неразветвленное, шириной около 1 км; левобережная пойма консолидирована, и лишь в ее тыловой части проходит маловодная Табагинская протока.

Правобережный пойменный массив состоит из ряда островов, разделенных пересыхающими в межень протоками и объединенными снизу обширным побочным – песками Уэс–Кумах. Их приверх находится почти напротив разделения русла на два рукава: левый – Городскую протоку и правый, по которому основной поток (главное течение реки), огибая пески Уэс–Кумах, переваливает к правому террасовому берегу у п. Нижний Бестях. Правый многоводный рукав (81 % общего расхода воды) имеет большую ширину (до 4,2 км) и редкие, небольших размеров острова, составляющие его вто-

ричную разветвленность (о-ва Тигирях и безымянные). Левый рукав – Городская протока (11 % во время половодья) на всем протяжении разделяется на 2–3 протоки и соединяется с правым уже в пределах следующего разветвления русла о. Пономаревым. Последний делит реку на два рукава: левый – судоходную Адамовскую протоку, из которой начинается подходный канал к Якутскому порту, и правый – Буорьларскую протоку, имеющую вдвое большую ширину и характеризующегося вторичной разветвленностью. Ниже о. Пономарева главное течение реки вновь собирается возле правого, но уже пойменного берега, оставляя слева сравнительно маловодный (14 %) рукав за о. Жатайским, в нижней части которого располагаются объекты Жатайского судоремонтно-судостроительного завода (ССРЗ).

Городская протока – левый рукав верхней части Якутского разбоя в начале XX в. был основным, по водности, в нем проходил судовой ход и на его левом берегу располагается г. Якутск. В настоящее время это – отмирающий боковой рукав, забирающий в сумме 11 % общего расхода воды в половодье и около 4 % в межень. В низовых он разделяется островным массивом на две протоки, из которых левая перегорожена глухой дамбой, отчленяющей акваторию речного порта. Перед дамбой акватория рукава была углублена и расширена для создания рекреационной зоны жилого массива «Зеленый луг» на о. Хатыстах, а ниже – для акватории речного порта.

В правом Бестяхском рукаве поток разделяется на две ветви: левую – вдоль островного массива Большой Харыйаллах с примыкающими к нему небольшими островами (самый крупный – о. Чемят в начале рукава имеет длину 2,8 км) и правую – вдоль правого террасового берега, разделенные крупными, частично зарастающими осередками, молодыми островами и о. Тигирях в нижней части (его длина 1,7 км, ширина 300 м). Побочни и осередки – массивные, достигающие в длину нескольких километров и имеющие высоту 3–4 м над проектным уровнем – ПУ (при глубине плесовых лощин до 5–7 м).

В разветвлении русла о. Пономаревым левый рукав – Адамовская протока шириной 1,2 км образует излучину с длинным верхним и короткими нижним крыльями; в верхней части рукава находится пережат с глубинами 3–4 м, верхний побочень которого образуют косы, вытягивающиеся от ухвостья о-ов Бестяхского разветвления; в нижней части рукава плесовая лощина имеет глубину 7–8 м от ПУ. В настоящее время водность протоки на заходе в нее составляет 38 %, ниже возрастает до 45 % (вследствие слияния с Городской протокой); Буорьларская протока шириной 2,2 км относительно прямая. В истоках и ее устье развиты вторичные разветвления; в первом случае острова находятся у правого берега, во втором – о. Сахалин разделяет протоку на две ветви, из которой левая между о. Пономаревым и о. Сахалин

относительно мелкая с глубинами до 1,5–2,0 м, правая, по которой стрежень переваливает от о. Пономарева к правому пойменному берегу, представляет собой чередование перекатов с глубинами до 2,5 м (у оголовка о. Сахалин), около 4 м на подходе к правому пойменному берегу и 3,0–3,5 м в нижней части; между ними находятся плесовые ложины с глубинами 6–10 м от ПУ. От оголовка о. Пономарева вдоль него протягивается длинная плесовая ложа с глубинами 5–7 м.

Переформирования русла

В начале XX в. формирование русла шло по схеме развития сопряженных рукавов [5, 6], согласно которой рукава образует «восьмерку»; если главное течение реки проходит в верхнем звене системы в правом рукаве, то в нижележащем оно располагается в левом рукаве, и наоборот. В Якутском разбое звено было образовано левой Городской протокой и правым Бестяхским рукавом, а нижнее – Адамовской и Буорыларской протоками. В середине 20-х годов XX в. Городская протока представляла по ширине и водности равноценный рукав с правым Бестяхским. В ней был проложен судовой ход; ниже главное течение реки располагалось, согласно правилу «восьмерки», в правобережной Буорыларской протоке (рис. 2).

В 1930–1940-е годы происходит перераспределение стока в сторону правого Бестяхского рукава, водность Городской протоки заметно снижается; соответственно у о. Пономарева основной поток перемещается в левую Адамовскую протоку. Городская протока быстро мелеет и разбивается на систему водотоков, разделенных молодыми пойменными островами. С тех пор она становится второстепенной пойменной протокой и все переформирования русла в верхнем звене узла разветвления сосредоточиваются в правом Бестяхском рукаве. Это позволяет говорить об отмирании в 1950–1960-е годы верхнего звена системы сопряженных рукавов. Главное течение реки (около 90 % расхода воды) стало полого переваливать от левого берега перед истоками Городской протоки к правому коренному у пос. Нижний Бестях, образуя на перевале Павловский перекаат. Верхним побочным перекаата являются пески Уэс-Кумах, нижним – массивные пески, начинающиеся от оголовка о. Большой Харыйаллах и имеющие ширину почти 3 км.

Очевидно, еще в середине XIX в. произошло отмирание вышележащего Табагинского звена сопряженных рукавов, вследствие обмеления правобережного рукава, ныне составляющего одну из пойменных проток, расчленяющих пойму. Состояние захода в Бестяхский рукав определяется степенью вогнутости левого пойменного берега на вышележащем участке русла. Чем круче становится изгиб левого подмываемого берега, тем больше его на-

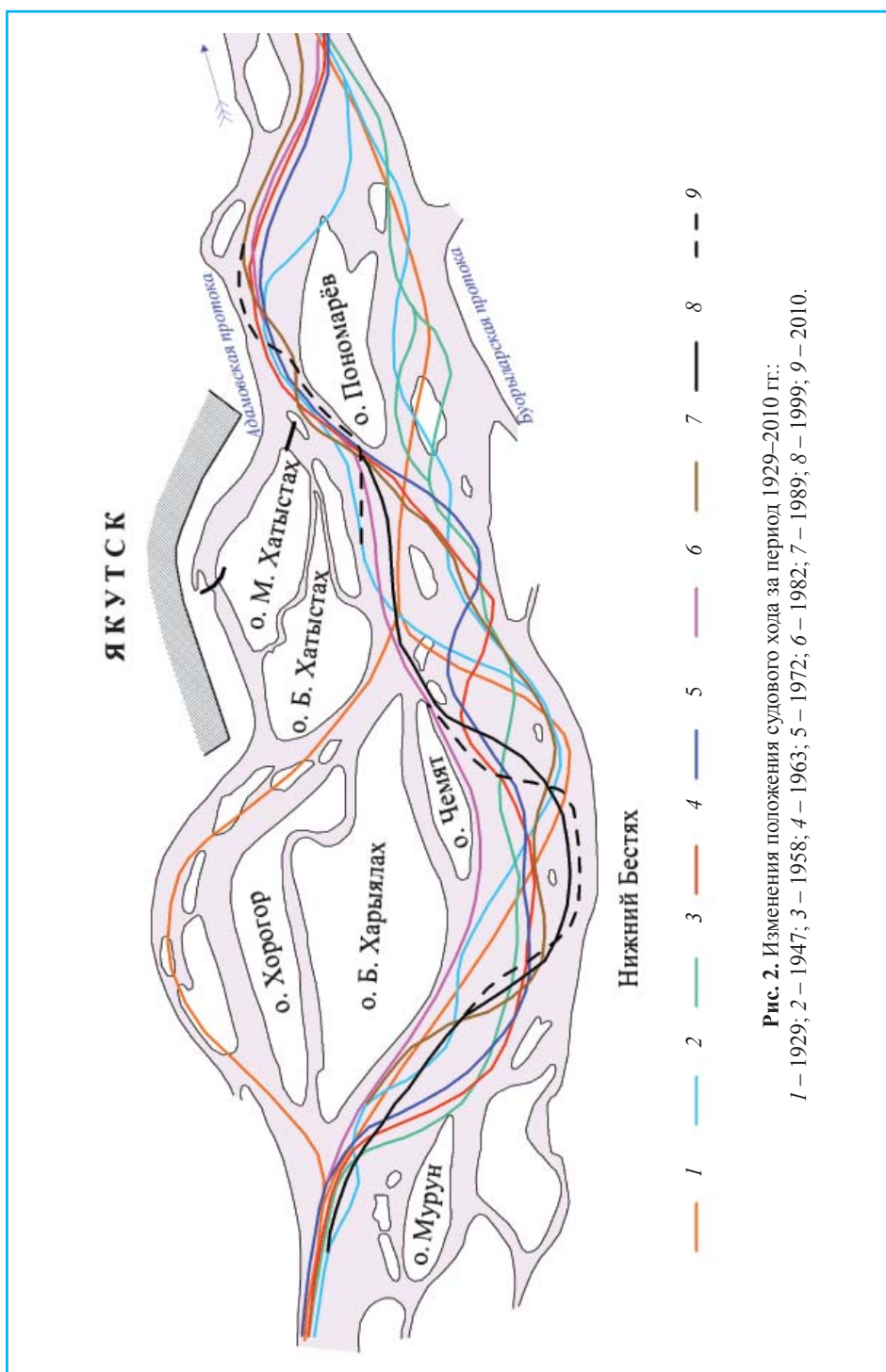


Рис. 2. Изменения положения судового хода за период 1929–2010 гг.:
1 – 1929; 2 – 1947; 3 – 1958; 4 – 1963; 5 – 1972; 6 – 1982; 7 – 1989; 8 – 1999; 9 – 2010.

правляющее воздействие на поток в сторону правого берега у п. Нижний Бестях.

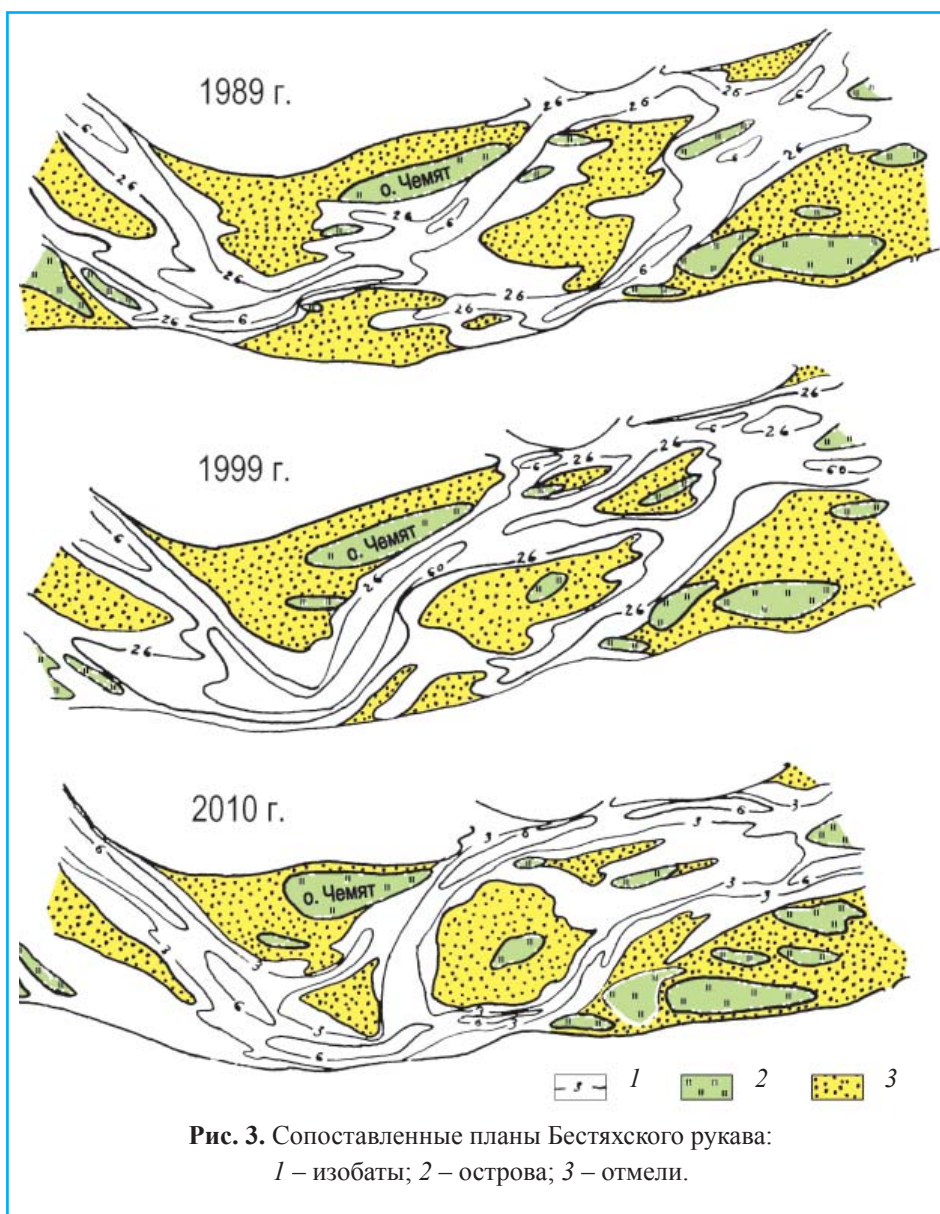
В 1940-е – начале 1950-х годов динамическая ось потока полого переваливала от левого пойменного берега к правому Бестяхскому (см. рис. 2). В последующее десятилетие (к 1963 г.) основной поток занял на перевале более крутое положение по отношению к правому берегу; вследствие удлинения правобережных отмелей (песков Уэс-Кумах) и их зарастания при одновременном размыве оголовка о. Большой Харыйаллах. Место начала перевала потока с каждым годом оказывается все ниже по течению, смещаясь от истока Городской протоки к оголовку острова, а его подход к правому берегу – на 2,5 км по отношению к 1972 г. Скорости размыва за 1972–1989 гг. левого берега выше истока Городской протоки и оголовка о. Большой Харыйаллах составляли, соответственно, 4–5 и 9–18 м/год. В результате за 17 лет оголовок острова отступил на 300 м.

В последние 20 лет в связи с активными русловыми переформированиями на вышележащем участке, связанными, в том числе, с прокладкой газопровода через р. Лену, сохранилась тенденция роста правобережного побочня (пески Уэс-Кумах) и его смещения вниз по течению, что, в свою очередь, привело к существенным переформированиям на нижележащем участке. В частности, на Павловском перекате изменилось положение фронта размыва правого берега на участке 1653,5–1660,0 км. Здесь был размыв остров и поток стал размывать правобережный уступ Бестяхской террасы высотой около 40 м. Средняя скорость размыва была 4 м/год, но в отдельные годы достигала 20 м. В 1980–1991 гг. размыв угрожал техническим сооружениям ТУМСа. Для предотвращения размыва возле правого берега были возведены берегозащитные сооружения (5 полузапруд). В целом место перевала сместилось вниз на 2,5 км по отношению к 1970-м годам.

В нижней плевой ложине Павловского переката меженное русло в границе 0-й изобаты сужается до 750 м. Минуя нижний побочень Павловского переката, поток резко расширяется, распластывается и разделяется на две ветви течения. Песчаные массивы, разделяющие их, частично сцементированы мерзлотой; в то же время происходят постоянные изменения их конфигурации из-за выдвигания кос.

Судоходный Бестяхский рукав на всем протяжении представляет собой сплошной перекатный участок, отличающийся низкой устойчивостью русла (коэффициент стабильности русла Н.И. Маккавеева $K_c=2,8-4,5$), большой шириной (более 3 км, что в 3–4 раза больше, чем у левых рукавов выше и ниже по течению), развитием подвижных осередков и кос посередине реки и сложными переформированиями русла, в пределах которого постоянно меняется положение фарватера. На этом фоне происходит постепенное уг-

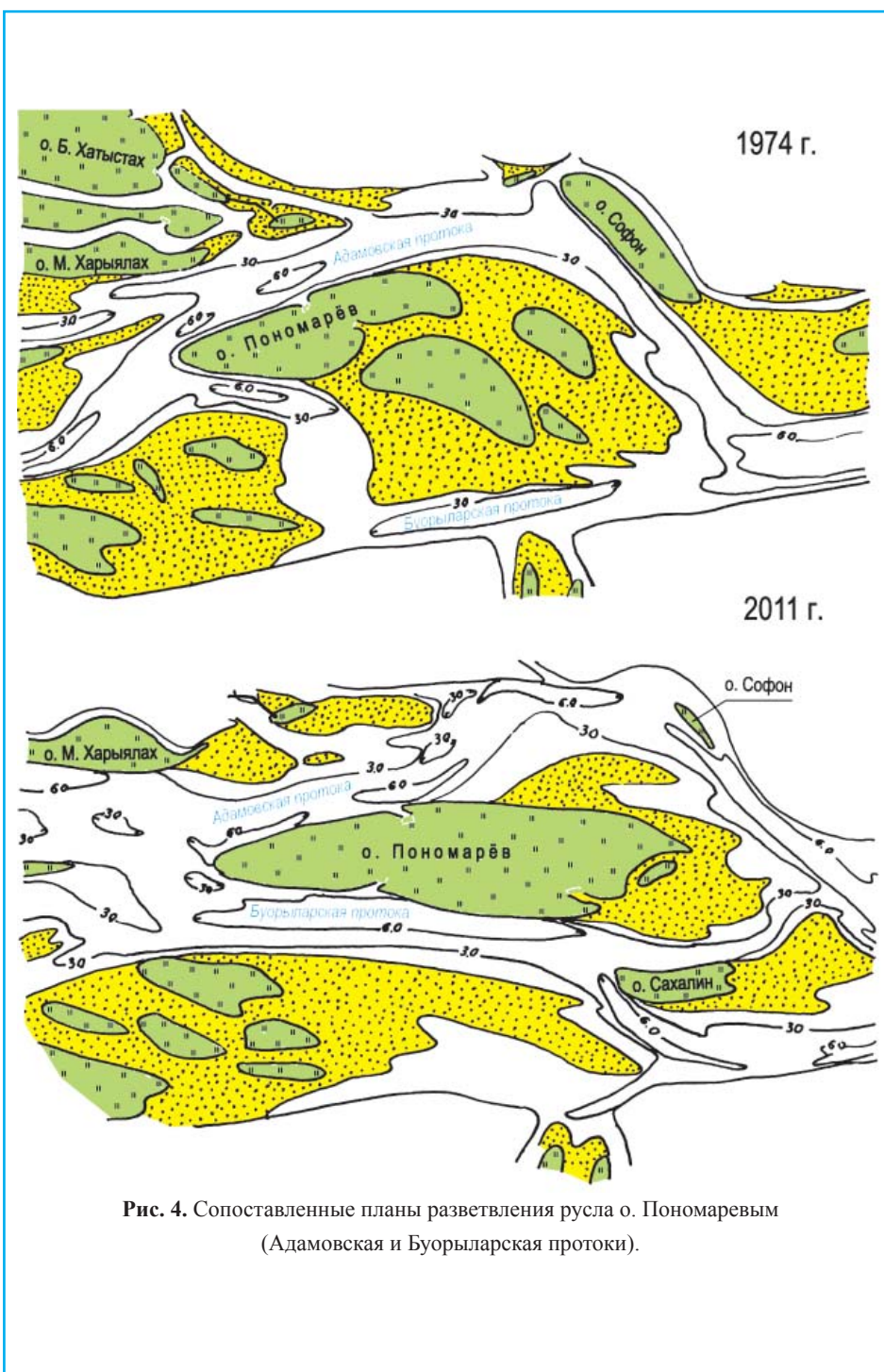
лубление и увеличение водности правой ветви течения с постепенным развитием протоки вдоль тыловой части правобережного побочня и его последующим отторжением (рис. 3). В перспективе на всем протяжении рукава может произойти сосредоточение большей части расхода воды (и судового хода) вдоль правого ведущего берега на продолжении нижней плесовой ложины Павловского переката.



Однако смещение осередков и кос приводит к периодической активизации левобережной ветви в приостровной части Бестяхского рукава, откуда поток частично направляется в правый несудоходный рукав – Буорыларскую протоку. В 2010–2011 гг. слева от о. Тигирях проходило 56 % расхода воды, справа – 37 %. В многоводные годы этому способствует расположение здесь в половодье динамической оси потока. Между ней и правобережной частью русла в эти периоды формируются системы гряд, образующих цепочку осередков. По протокам между ними происходит переток воды к правому берегу, где в низовьях рукава сосредоточивается большая часть его расхода. Однако отсутствие концентрированного перемещения потока к правому берегу ослабляет направляющее воздействие его плеча, вследствие чего отмели посередине русла, включающие о. Тигирях, практически сливаются с оголовком о. Пономарева. Такое соединение подвижных отмелей посередине русла с оголовком острова приводит к тому, что в годы, когда вдоль правого берега Бестяхской протоки сосредоточивается большая часть расхода воды, эти отмели препятствуют перемещению водных масс в левую Адамовскую протоку, направляя их в несудоходный правый рукав. В результате поток из правой ветви Бестяхского рукава устремляется в несудоходную Буорыларскую протоку, и только интенсивные землечерпательные работы по трассе судового хода в левой части рукава способствуют сохранению судоходства в Адамовской протоке. Подобная ситуация сложилась уже к середине 1980-х годов, когда доля расхода воды в Адамовской протоке составила в половодье немногим более 40 %, а в межень (при проектном уровне) стала снижаться до 30 %.

В настоящее время правая ветвь потока ниже о. Тигирях полностью перемещается в Буорыларскую протоку. Левая ветвь лишь частично устремляется в Адамовскую протоку, в результате из 56 % расхода в ней в половодье только 38 % проходит в Адамовской протоке, остальные 18 % пополняют водность Буорыларской протоки.

До середины 1970-х годов судоходная Адамовская протока была глубокой, в ней располагался рейд Якутского порта, ее водность составляла 70 % стока воды. Произошедшее перераспределение стока между рукавами привело к ее обмелению (рис. 4), причем не только ухудшились судоходные условия, но и осложнялась работа городских водозаборов из-за продвижения на них песчаных отмелей, стал удлиняться подходной канал к порту. В нижней части рукава благодаря смещению нижнего крыла его излучины произошел размыв прибрежного о. Софон (от него остался островок длиной всего 700 м, шириной 130 м), составляющий вогнутый берег излучины, что осложняет работу причалов порта и паромной переправы, находящихся в Мархинской протоке за ним.



При слиянии Адамовской судоходной и Буорыларской протоки находится Софонский пережат, который лимитирует судоходство с начала 1980-х годов вследствие развития более прямой Буорыларской протоки, поток которой здесь оказывает подпорное воздействие, а также активизации и забора части расхода воды Мархинской протокой, в т. ч. под влиянием проводимых в ней искусственных мероприятий. Следствием этого же, но в соответствии с правилом «восьмерки», стало развитие левого рукава у о. Жатайского, водность которого возросла с 1972 г. почти в 2 раза.

Таким образом, в Якутском разбое к началу XXI в. произошла трансформация сопряженных разветвлений русла в параллельно-рукавное разветвление с четко выраженными двумя параллельными потоками, разделенными посередине русла двумя безымянными островами – о. Тигирях с окружающими его мелями и о. Пономаревым. Между ними функционируют поперечные протоки, по которым происходит переток воды из левой ветви в правую вплоть до ложбины между мелями и оголовком о. Пономарева. При этом происходящие переформирования свидетельствуют о многолетней тенденции перемещения главного течения реки в сторону правых рукавов и расположением его вдоль правого берега. Такое развитие русловых деформаций является неблагоприятным для всей транспортной и водохозяйственной инфраструктуры г. Якутска.

Можно полагать, что в ближайшие годы произойдет углубление пережата на западе в правую ветвь параллельно-рукавной системы на 1650 м (у пос. Нижний Бестях). Это неизбежно будет сопровождаться активизацией размыва правого берега на всем протяжении от Павловского пережата почти до створа оголовка о. Пономарева. При этом размывы правого берега уже в ближайшем будущем могут поставить под угрозу автомобильную магистраль и другие расположенные здесь объекты, в т. ч. проектируемые. В современной ситуации это приведет к увеличению водности правой протоки у о. Тигирях и дальнейшему развитию Буорыларской протоки. Уже в настоящее время плесовая ложбина в ней вдоль о. Пономарева удлинилась по сравнению с 2000 г. почти на 2,5 км до о. Сахалин (см. рис. 4). Одновременно следует ожидать дальнейшего снижения водности Адамовской протоки, что будет сопровождаться осложнениями подходов к порту Якутск и функционированию городского водозабора. В Буорыларской протоке в 2011 г. гарантированная глубина 2,55 м выдерживалась на всем ее протяжении. Но в нижней ее части у оголовка о. Сахалин стрежень потока переваливает к правому берегу, делая поворот почти на 90°. При продолжении смещения побочной в Буорыларской протоке и наличии протоки между ухвостом о. Пономарева и о. Сахалин здесь возможно спрямление русла. Если это произойдет, то поток Буорыларской протоки будет соединяться с

Адамовской протокой непосредственно выше о. Жатайского. Подобные переформирования могут повлечь активизацию левого рукава у о. Жатайского, в нижней части которого располагается затон Жатайского ССРЗ.

Рекомендации по управлению русловыми процессами

Складывающиеся неблагоприятные условия для Якутского транспортного и водохозяйственного узла требуют кардинальных мер по регулированию русла; в противном случае река (главное ее течение) окончательно уйдет от города, и порт, водозабор, новые портовые сооружения и причалы окажутся в относительно маловодной и мелкой Адамовской протоке. Следует отметить, что подобная ситуация наметилась еще в начале 1980-х годов, в то время можно было предотвратить столь нежелательное развитие русла с меньшими техническими усилиями и экономическими затратами и тогда лабораторией эрозии почв и русловых процессов МГУ была дана прогнозная оценка изменения русла и предложена схема дноуглубительных и выправительных работ [1, 2], которая не была реализована, но с учетом происходящих переформирований корректировалась и уточнялась [4]. В известной мере это связано с тем, что при общей направленной тенденции «ухода реки от города» периодически происходила некоторая кратковременная активизация Адамовской протоки, создававшая иллюзию возможного улучшения всей ситуации. С другой стороны, экономическая ситуация 1990-х – начала 2000 годов не позволяла разработать соответствующий проект. В результате было упущено время и сейчас требуются кардинальные техногенные вмешательства, которые могут переломить ход естественных деформаций. Главная задача этих работ – возвращение главного течения реки в Адамовскую протоку, гидроморфологические характеристики которой должны быть примерно такими же, какие они были до середины 1970-х годов.

Для решения этой задачи предлагается:

1. Разработать капитальные прорези вдоль правого берега в Бестяхском рукаве с 1652 км и вплоть до устья о. Тигирях с использованием отвалов грунта для повышения отметок правобережных отмелей напротив о. Тигирях и их удлинения для частичного перекрытия захода в Буорыларскую протоку; при промерзании они будут выполнять роль направляющей дамбы. Это, однако, не исключает вероятности строительства капитальной продольной направляющей дамбы. Отвалы грунта при разработке прорези в верхней части следует укладывать в левобережную ветвь рукава.

2. Разработать капитальную прорезь от устья о. Тигирях до захода в Адамовскую протоку. Отвалы грунта при этом надо укладывать на заход в Буорыларскую протоку в виде встречной шпоры у оголовка о. Пономарева.

3. Осуществлять последовательную подрезку левобережных песков на заходе в Адамовскую протоку, что в конечном счете должно привести к ликвидации побочня от о. Малый Харыялах до Якутского водозабора. При этом извлекаемый грунт использовать как строительный материал.

Выполнение подобных мероприятий в столь большом объеме является беспрецедентным для такой большой реки, как Лена. Поэтому, прежде чем принимать окончательное решение, необходимо выполнение математического и, возможно, физического моделирования. При этом модельный участок должен охватить весь Якутский разбой от 1653 км до слияния Адамовской и Буорыларской проток. Выборочное моделирование отдельных узлов не решит поставленную задачу. На моделях необходимо определить габариты прорезей, оценить воздействие отвалов грунта в качестве грунтовых выправительных сооружений и эффективность прорези в ухвостье о. Тигирях по направлению относительно большей части расхода воды в Адамовскую протоку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чалов Р.С. Эффективность прогноза переформирований сложноразветвлённого русла и его практическое значение // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1981. № 4. С. 36–40.
2. Зайцев А.А., Чалов Р.С. Руслые процессы и переформирование русла р. Лена в районе г. Якутска // Водные ресурсы. 1989. № 5. С. 75–81.
3. Водные пути бассейна Лены. М.: МИКИС, 1995. 600 с.
4. Алексеевский Н.И., Зайцев А.А., Чалов Р.С. Баланс наносов, деформации и возможности регулирования разветвленного русла крупнейшей реки (на примере р. Лены в районе г. Якутска) // Труды АВН. Вып. 3. 1996. С. 90–108.
5. Проектирование судовых ходов на свободных реках // Труды ЦНИИЭВТ. Вып. 36. 1964. 263 с.
6. Чалов Р.С. Географические исследования русловых процессов. М.: Изд-во МГУ, 1979. 232 с.

Сведения об авторах:

Чалов Роман Сергеевич, д. г. н., профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева, МГУ, 119899, г. Москва, Ленинские горы, МГУ, Географический факультет, e-mail: rschalov@mail.ru

Кирик Олег Михайлович, старший научный сотрудник, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева, МГУ, 119899, г. Москва, Ленинские горы, МГУ, Географический факультет.

Ильясов Аскар Кургамысович, к. г. н., научный сотрудник, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева, МГУ, 119899, г. Москва, Ленинские горы, МГУ, Географический факультет, e-mail: askar.k.ilyasov@gmail.com

Ботавин Дмитрий Викторович, к. г. н., младший научный сотрудник, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева МГУ, 119899, г. Москва, Ленинские горы, МГУ, Географический факультет, e-mail: dmitry.botavin@gmail.com