

В.И. Антроповский

**О МНОГОРУКАВНЫХ РУСЛАХ РЕК
В РАЙОНАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КАРСТА
И ПСЕВДОКАРСТА²**

V.I. Antropovsky

**MULTI-ARMED RIVER CHANNELS IN KARST
AND PSEUDOKARST AREAS**

Рассматриваются морфология и динамика многорукавных русел рек в карстованных районах с различной толщиной аллювиальных покровных отложений.

Morphology and dynamics of multi-armed river channels in karst areas with various thicknesses of alluvial top deposits are considered.

История человечества – это история войн.
Любая война заканчивается миром.

Общезвестная истина.

В природе широко распространены реки, текущие двумя или несколькими рукавами, из которых не всегда может быть выделено главное. Многорукавные русла могут иметь весьма различное строение и схемы развития [Антроповский, 1972, 2004; Пиньковский, 1965] в зависимости от водного режима реки, от размеров и уклона дна долины, от характера грунта на ее дне и от так называемых вторичных факторов (делювиальные выносы со склонов долины, растительность, болотообразовательный процесс, карст, термокарст и др.).

Своеобразие морфологии и русловых процессов рек карстовых районов обязано совместному действию поверхностных и подземных вод и особенностям условий развития эрозии.

Особенности морфологии карстово-эрозионных образований и специфика формирования аллювиальных отложений [Прокопчук, 1983] изменяют динамику речного потока и резко трансформируют русловые процессы. Под дном долин рек, врезанных в карстующиеся породы, обычно формируется крупноглыбовый горизонт (слой), обязанный своим происхождением избирательному выщелачиванию горных пород. Иногда и по берегам рек наблюдается слой брекчии. Трещины и пустоты в них обычно заполнены илистоглинистым материалом, поставляемым речными водами. Встречаются на рассматриваемых реках и порожистые перекатные участки, обусловленные выходами карстующихся пород на поверхность. На отдельных участках (особенно на горных реках), где покровные отложения смыты, наблюдаются проявления голого карста. Кроме того, воронки и провалы, определяющие особен-

² Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 06-05-64997).

ности развития русел разного типа, часто возникают в результате суффозии, подземной эрозии, термокарста и других процессов.

Геологические процессы и связанные с ними явления, внешне напоминающие карстовые, но развивающиеся в скальных, магматических, метаморфических и осадочных (связных и несвязных) мерзлых породах, объединяют под термином псевдокарст [Дублянская, 2000].

При рассмотрении водности и отчасти морфологии рек в карстовых районах их обычно подразделяют на реки в зоне питания и в зоне разгрузки подземных вод. В отдельную группу выделяются крупные транзитные реки, пересекающие карстовые массивы. Направленность русловых процессов является самой характерной особенностью рек в зоне питания (реки с отъемами стока или реки-доноры) и дренирующих рек в зоне разгрузки (реки-водоприемники). Обратимые циклические изменения, соответствующие гидрологическому режиму рек, наблюдаются на фоне указанных однонаправленных изменений. Значительное развитие получают местные (локальные) деформации в местах расположения карстовых форм рельефа (воронок, провалов и т.д.) и выходов источников подземных вод.

В зонах питания поверхностный сток поглощается понорами и трещинами в обнажениях породы (вблизи рек, обычно заполненными аллювием). По мере уменьшения стока воды в реках происходит интенсивное отложение наносов с добавлением обломочного материала со склонов долины. Аккумулятивные образования, сложенные слабодифференцированным материалом, теряют определенность своих форм и подвижность, что и является причиной появления многорукности. Формы отложения аллювия в реках с уменьшающимся расходом воды в какой-то мере напоминают конусы выноса, образующиеся при выходе рек из гор. Выработанный продольный профиль потока с убывающим расходом воды характеризуется выпуклой кривой [Краснов, 1983]. Замечено, что на поймах рек, питающих карстовые воды, количество воронок и других поверхностных форм карста больше, чем на поймах транзитных и дренирующих рек [Антроповский, 2002а].

В верхнем течении больших транзитных рек, пересекающих карстовые районы, обычно также наблюдается уменьшение водности, что соответственно отражается на их морфологии, параметрах и подвижности русловых образований. Даже такая мощная река, как Алдан (у которой на всем протяжении после впадения р. Мая преобладает разветвленное русло) летом в среднем течении становится несудоходной из-за поглощения ее вод карстовыми пустотами, изобилующими здесь вследствие распространения известняковых пород [Пармузин, 1984].

Наименьшее влияние направленности изменения стока воды и наносов проявляется в средней части транзитных рек. Русловые формы рельефа здесь наиболее близки к равновесным и имеют довольно устойчивые параметры по длине указанных участков. Ниже по течению на транзитных реках (главным

образом, за счет многочисленных родников в руслах) происходит восстановление, а затем и увеличение водности – они превращаются в дренирующие.

В береговых уступах дренирующих рек и в нижней части транзитных участков обычно отмечается наличие оплывин, оползней, суффозионных воронок. Появление оползневых террас вызывается выходами карстовых вод у подножия склонов транзитных и дренирующих рек. Пойма при глубоком врезе реки в карстующиеся породы может отсутствовать. Если она есть, то обычно цокольная (надкоренная), затапливаемая лишь в годы большой водности и сильно заросшая. Прирусловые валы, гривы, внутриводораздельные емкости менее выражены. Зато количество карстовых форм рельефа (в основном воронок) и количество источников подземных вод у подножия склонов долины обычно увеличивается. Более развиты притеррасные понижения, которые часто спрямляют целые серии излучин.

Подземные воды, разгружаясь в долины дренирующих рек, увеличивают их водность и усиливают эрозионно-транспортную способность. Начинается восстановление (часто дефицитных) русловых форм и их подвижности до размеров, свойственных рекам такой же величины за пределами карстового района.

Наиболее простой формой многорукавного русла, как известно, является незавершенное меандрирование.

Среди собственно многорукавных русел, согласно типизации ГГИ, различают: осередковый тип (или русловую многорукавность) и пойменную многорукавность.

Влиянием вторичных факторов в виде карста, термокарста, болотообразовательного процесса определяется наличие разновидностей пойм при конкретном типе русловых процессов. При пойменной многорукавности распространены крупногривисто-песчаная и проточно-островная поймы, свойственные незавершенному меандрированию. В районах распространения карста и псевдокарста часто наблюдаются надморенная, надкоренная, возвышенная равнинная и пониженная равнинная поймы.

Реками с многорукавным руслом (у которых основной рукав развивается по схеме незавершенного меандрирования) в районах распространения карста являются р. Северная Двина ниже с. Усть-Пинега и р. Волга в районе уроч. Мокрый овраг (Вольская гидрологическая станция).

Северная Двина у с. Усть-Пинега располагается в карстовом районе с коренными породами, представленными известняками и доломитами (среднекаменноугольные отложения). Река ниже устья Пинеги на протяжении 6 км течет одним руслом. Затем долина расширяется, достигая 18 км [Антроповский, 2002; Рекомендации..., 1983]. Здесь прослеживается влияние приливов и сгонов со стороны моря. Река большей частью прижимается к правому берегу, образуя широкую пойму слева. В верхней части участка пойма узкая, надкоренная, местами отсутствует. Ниже по течению пойма широкая – крупногри-

вистопесчаная, островная. Река разбивается на многочисленные протоки с островами между ними. Основное русло развивается по схеме незавершенного меандрирования. Оно слабodeформирующееся. Часто переформирования имеют локальный характер.

Волга в районе уроч. Мокрый овраг (Вольская гидрологическая станция) имеет на правом берегу выходы мела и меломергельных пород. Правый склон долины крутой, скалистый, высотой до 90 – 100 м. Левый – пологий, террасированный. Сложен суглинками. Пойма проточно-островная, надкоренная. Отличие ее от крупногривисто-песчаной островной поймы (наблюдаемой на Северной Двине ниже слияния с Пинегой) заключается в том, что здесь, вследствие более значительного стока наносов, пойменный массив расчленяется не одной, а несколькими протоками [Антроповский, 2002, 2002a]. Ширина поймы по левому берегу 2,0 – 3,5 км. Сложена она супесью. Русло реки развивается по схеме незавершенного меандрирования. На участке гидрологической станции оно относительно прямолинейное. Русло у правого берега каменистое, на середине и у левого берега – песчаное, деформирующееся. В 3,0-х километрах выше по течению относительно станции и в 1,7-х километрах ниже расположены острова. В период весеннего ледохода у островов образуются заторы льда и полыньи.

Для русловой многорукавности характерно обилие русловых образований (гряд, кос, побочней, осередков, слабо закрепленных растительностью островов), способных перемещаться особенно в период половодий и паводков. Если движение осередков ослабляется по каким-либо причинам, например, в маловодные годы, происходит зарастание их поверхности кустарником и травой, и тогда осередки могут превратиться в более крупные по размерам и менее подвижные образования – острова. Возможен и обратный процесс – процесс размыва островов в многоводные годы, расчленение их на части, оголение от растительности, и, как следствие, возврат к более мелким и подвижным образованиям – осередкам.

Деформации русла (в основном высотные) определяются сползанием осередков в периоды большой водности и сезонным колебанием их отметок. Острова, даже заросшие кустарниковой и древесной растительностью, могут перемещаться вследствие приращения к ним гряд. Средние за многолетний период скорости смещения осередков в руслах рек, нижней частью врезающихся в карстующиеся породы, как правило, меньше таковых на обычных реках. Однако изменчивость (вариация) скоростей деформаций вследствие наличия карстовых форм больше. Разновидностями пойм при русловой многорукавности являются: осередковая, островная, высокая ступенчато-островная и валунно-галечная (на горных реках) поймы.

В случае русловой многорукавности на горных реках, русло и пойма обычно сложены крупным валунно-галечным материалом, который часто поступает непосредственно со склонов долины. Большая разница в крупности

русловой и пойменной фации аллювия обуславливает подверженность поверхности пойм размыву и формированию на ней сети неглубоких протоков при всех разновидностях пойм. Часты случаи, когда пойма образована крупными галечными побочнями, сформировавшимися при половодьях редкой обеспеченности. Она может в течение одного половодья или паводка разрушиться и превратиться в движущийся побочень. При более низких половодьях возможна приостановка его движения и закрепление поверхности отложениями взвешенных наносов и растительностью. Деформации происходят только при высоких половодьях и паводках, но весьма интенсивно. Обычно предел естественного размыва дна реки ограничивается поверхностью базального горизонта.

На участках русел горно-предгорных рек, кроме русловой многорукавности, распространена горная пойменная многорукавность (пойменное блуждание). Дно долины и русло заполнены скоплениями крупнообломочного материала (глыбы, валуны, крупные камни, щебень, галька и др.). Выделяются два характерных элемента рельефа [Рекомендации..., 1983]: пойма и паводочное русло. Пойменный рельеф горных рек является результатом прерывисто происходящих во времени процессов стабилизации, зарастания и временной консервации подвижных русловых образований.

Паводочное русло горной реки представляет собой часть долины, систематически затапливаемой паводками средней повторяемости, в пределах которой регулярно, каждый год во время паводков поддерживается процесс перетложения наносов. Растительность здесь практически отсутствует. Обычно это широкое галечно-валунное пространство, в значительной степени обсыхающее в меженный период и состоящее из пологих гравийно-галечных россыпей – мезоформ. Частично или целиком обсыхая в межень, мезоформы обуславливают извилистость и разветвленность русла в плане.

В качестве примера рассмотрим морфологию и русловые деформации р. Амударья в районе г. Керки, где преобладает русловая многорукавность с наличием признаков незавершенного меандрирования, и р. Оби у с. Фоминское, развивающейся по схеме незавершенного меандрирования.

Река Амударья до г. Керки течет по межгорной впадине. Ниже г. Керки река выходит на среднеазиатские пустынные равнины [Пиньковский, 1966]. Рассматриваемый участок Амударьи расположен вблизи зоны с полускальными и скальными породами с трещинным и трещинно-карстовым типами водопроницаемости (известняки, доломиты, мергели, гипс, каменная соль). Пойма реки надкоренная. Ее разновидностями являются осередковая и осередково-островная поймы. Развита русловая многорукавность, местами с элементами незавершенного меандрирования. Русло изобилует островами, осередками, отторженными побочнями и имеет неустойчивый характер. Появляются разветвления реки на равновеликие рукава. Правый берег реки засыпается песками пустыни. Очень интенсивны плановые и глубинные деформации.

Гидрологический пост многократно переносился. Наиболее сильное разветвление наблюдается между г. Керки и с. Эльджик, где русло становится блуждающим. В период весеннего ледохода возникают заторы, которые оказывают сильное разрушающее действие на русло реки.

Верхняя Обь (в районе с. Фоминское) протекает вдоль уступа Приобского плато. На склонах нередко наблюдаются западины и скрытые полости, обязанные своим формированием суффозионным процессам (проявления «глиняного карста»). Подмыв основания уступов плато инициирует овражную эрозию, обвалы и оползневые процессы, в результате чего в русло реки поступает большое количество материала, образующего взвешенные наносы [Антроповский, 2002, 2004; Швецов, 1989]. Развита русловая многорукавность. Имеются осередково-островная и ступенчато-гривистая поймы. Русло очень широкое (до 3 км и несколько более), распластанное, сильно разветвленное, с приподнятым дном. Ложе реки преимущественно песчаное, но встречаются песчано-галечные перекааты и камни. Река врезается, однако плановые деформации русла очень интенсивны. Средние скорости деформаций в вершинах излучин и островов составляют 15 – 20 м/год, а наибольшие – до 30 – 40 м/год. Русловые формы (острова, осередки, косы, побочни, перекааты) подвержены сильным переформированиям в течение навигационного периода. Судовой ход часто переносится из одной протоки в другую.

Особую разновидность представляют многорукавные русла рек, протекающих в зоне многолетней (вечной) мерзлоты с наличием ископаемого льда в виде линз (реликты озер), жил и бугров-булгуных с ледяными ядрами. Эти криогенные образования, встречаясь на пути течения рек, вызывают резкие вынужденные повороты (изгибы) русла. Реки с наличием наледей, которые, увеличивая неустойчивость протоков и островов, способны перестроить русловую многорукавность [Пиньковский, 1965]. Под влиянием овражно-делювиальных выносов со склонов долины, болотообразовательного процесса на поверхности поймы и явлений термокарста изменяется геоморфология пойменных массивов, что позволяет выделять новые типы пойм, в том числе таежно-аласную. Таежно-аласная пойма характерна тем, что вытаивание участков вечной мерзлоты способствует появлению особенно низкой притеррасной части поймы. Понижения поверхности поймы возможны и непосредственно за современным береговым валом, что ведет к разобшению транзитных течений на пойме и может вызвать образование спрямляющих протоков, отторгающих участки пойменного массива. Так формируется резко возвышенная в прирусловой и сильно опущенная в остальной части пойма. Прирусловые, редко затапливаемые валы обычно заняты березняками, а пониженные части поймы – елово-кустарниковой мшистой тайгой.

Реки с рассмотренными типами русел и пойм особенно распространены в Восточной Сибири. В качестве примера рассмотрим многорукавные участки рек Лены (ниже г. Киренска) и Колымы (выше п. Зырянки).

Река Лена на участке от г. Киренска до впадения р. Чая врезается в плато, сложенное толщей известняков, мергелей и глин кембрия – силура. Расширения долины приурочены, как правило, к устьям крупных притоков и тектоническим нарушениям. Здесь наблюдаются пойменные массивы [Водные пути..., 1995; Рекомендации..., 1983]. Русло – галечное или галечно-валунное и разветвляется на рукава. Расход воды при проектном уровне воды в створе гидрологического поста Змеиново (в 15 км ниже слияния Киренги с Леной) равен $675 \text{ м}^3/\text{с}$. Уклон водной поверхности составляет 0,00017. На всем протяжении участка (и ниже, вплоть до устья Витима) характерным является процесс образования осередков и превращения их в острова, с развитием в последующем островной многорукавности. Подавляющее большинство перекатов сформировано в разветвлениях русла.

Береговая линия реки больших изменений за обозримый период не претерпевает. Об устойчивости крупных пойменных массивов и участков поймы, располагающихся по длине реки, свидетельствует наличие на них населенных пунктов, жилых построек, полевых площадей и пастбищ.

Долина Колымы, на участке между устьем р. Сугой и Зырянкой (Верхнеколымском), сформирована в конце плейстоцена – в начале четвертичного периода. Дно ее служит поймой и сложено крупным аллювием и флювиогляциальными отложениями глетчерных ледников. Мезозойские кристаллические породы являются подстилающими коренными. Имеются проявления карбонатного карста [Коржуев, 1977]. Распространены многолетняя мерзлота, наледи и ископаемые льды. Встречаются западины (аласы), термокарстовые озера, бугры-булгуны. Процесс солифлюкции способствует усилению поступления твердого стока с водосбора. В период образования заторов, сопровождающихся быстрым подъемом и спадом уровней, происходит значительная перестройка ложа реки, разрушение берегов. Ледоход служит и средством транспорта большого количества крупногалечного, валунного и более мелкого материала.

На участках большой протяженности р. Колымы распространена пойменная многорукавность [Водные пути..., 1995; Пиньковский, 1965]. Многие извилистые протоки не являются меандрирующими. Они лишь обтекают большие скопления крупнообломочного материала на дне долины и в русле, частично вымывая и увлекая по дну аллювий меньшей крупности и образуя сравнительно неглубокие рукава и протоки.

Многоручавность обусловлена и многолетней мерзлотой. Существенно сказывается теплообмен с ложем, явление термокарста. Характерны замедленная глубинная эрозия и преобладание плановых деформаций [Суходровский, 1979].

В пределах Колымской низменности река имеет русло с широкой поймой вплоть до впадения ее в море. Уклоны, достигавшие выше по течению 0,20 – 0,30 ‰, на перекатах – 1,0 ‰, постепенно снижаются до 0,08 – 0,10 ‰. Пойменные берега, сложенные мелкозернистыми песками, размываются со скоро-

стью до нескольких десятков метров в год. Однако развитие одних и обмеление других рукавов проявляется в течение десятилетий.

Таким образом, многорукавные реки с проявлениями карстовых и псевдокарстовых процессов в зависимости от степени выраженности последних (в особенности от глубины залегания карстующихся пород и их вида), а также в зависимости от наличия и влияния других вторичных руслоформирующих факторов обладают очень большой изменчивостью характера и степени развитости русловых и пойменных образований и интенсивности их деформаций.

Литература

1. *Антроповский В.И.* Уравнения регрессии между характеристиками русла и потока при незавершенном меандрировании, русловой и пойменной многорукавности. // Тр. ГГИ, 1972, вып. 195, с. 4–19.
2. *Антроповский В.И.* Морфология пойм и морфометрия русел рек с проявлениями карстово-суффозионных процессов. // География и природные ресурсы, 2002, N 1, с. 41–46.
3. *Антроповский В.И., Петров О.А.* Морфология и русловые процессы рек в районах распространения карста. // Изв. Рос. пед. ун-та им. А.И. Герцена. Естественные и точные науки, N 2 (4), 2002а, с. 145–152.
4. *Антроповский В.И., Барышников Н.Б., Саликов В.Г.* Антропогенное воздействие на пойменные процессы. / XIX пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. – Белгород, 2004, с. 33–40.
5. *Водные пути бассейна Лены.* Под ред. Р.С. Чалова, В.М. Панченко, С.Я. Зернова. – М.: МИКИС, 1995. – 600 с.
6. *Дублянская Г.Н., Дублянский В.Н.* Карст и псевдокарст – их отношения и типология. // Гидрогеология и карстоведение: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 13. – Пермь, 2000, с. 185–194.
7. *Коржуев С.С.* Карст Средней Сибири и Якутии. / В сб.: Вопросы общего и регионального карстоведения. – М., 1977, с. 132–151.
8. *Краснов С.Ф.* Особенности эрозионно-аккумулятивных процессов малых временных потоков с убывающим расходом. / Исследование русловых процессов для практики народного хозяйства. – М.: Изд-во МГУ, 1983, с. 178–179.
9. *Пармузин Ю.П.* Карст в мерзлых грунтах. // Природа, 1984, N 10, с. 34–40.
10. *Пиньковский С.И.* Типы речных русел северо-востока СССР и полуострова Камчатки. // Тр. ГГИ, 1965, вып. 120, с. 55–98.
11. *Пиньковский С.И.* Типы речных русел Кавказа и Средней Азии. // Тр. ГГИ, 1966, вып. 136, с. 231–269.
12. *Прокопчук Б.И., Шофман И.Л., Левин В.И., Метелкина Н.П., Береза В.П.* Специфика формирования аллювиальных россыпей карстово-эрозионных долин. / Исследование русловых процессов для практики народного хозяйства. – М.: Изд-во МГУ, 1983, с. 325–326.
13. *Рекомендации по учету деформаций речных русел при проектировании инженерных сооружений на реках зоны Байкало-Амурской железнодорожной магистрали.* – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 72 с.
14. *Русловой режим рек Северной Евразии (в пределах бывшего СССР).* Под ред. Р.С. Чалова. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 336 с.
15. *Суходровский В.Л.* Экзогенное рельефообразование в криолитозоне. – М.: Наука, 1979. – 280 с.
16. *Швецов А.Я., Осьмушкин В.С.* О «глиняном карсте» в лессовых отложениях Приобского плато. // Карст Алтае-Саянской горной области и сопредельных горных стран. – Барнаул: СОТ АН СССР. Институт водных и экологических проблем, 1989, с. 62–63.