

МОРФОЛОГИЯ И РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ РЕК В РАЙОНАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КАРСТА

Обобщаются выявленные к настоящему времени особенности морфологии и русловых процессов рек в закарстованных районах.

Возникновение многих форм рельефа в долинах рек обязано совместному действию русловых и карстовых процессов. Наличие карстующихся пород и карстовых форм рельефа видоизменяет динамику речного потока, характер и формы транспорта наносов, что, в свою очередь, отражается на русловых образованиях, их подвижности и даже на схемах развития речных русел разного типа.

Наиболее сильно влияние карста на морфологию и деформации малых рек с незначительной толщей аллювиальных отложений. Однако оно проявляется и на участках крупных рек. В европейской части России это Северная Двина, Пинега, Онега, Волга, Кама, Дон и др.; в азиатской — Ангара, Енисей, Подкаменная Тунгуска, средняя Лена, Амга, Алдан, Мая и др.

В данной работе преимущественно рассматриваются реки с закрытым (русским) типом карста. Однако по берегам и вблизи рек, где покровные отложения смыты, наблюдаются и участки голого карста (особенно на горных реках). Образующиеся на склонах речных долин рвы скалывания (скола) или трещины бортового отпора (трещины отседания), по терминологии различных исследователей [1–3], обычно сопровождаются цепочками активно развивающихся карстовых воронок. Встречаются рвы и у основания террас. Эти рвы образуются в результате слияния карстовых провальных впадин,

возникающих, в свою очередь, над подземными полостями в зонах интенсивного стока подземных вод. Выходами карстовых вод у подножия склонов часто бывает вызвано появление оползней на подмываемых крутых берегах и даже появление особого типа «оползневых» террас. Карстовые воронки и провалы чаще всего приурочены к подножию склонов долин, низким террасам, пойме и руслам рек, т. е. к местам наиболее интенсивного взаимодействия поверхностных и подземных вод.

С изменением уровня воды в реке и гидравлически связанного с ним уровня подземных вод (явление «берегового регулирования») происходит перемещение и зоны активного карстообразования. В периоды половодья и паводков закарстованию подвергается нижняя часть коренного склона, который непосредственно примыкает к руслу реки или отделен от нее поймой. В периоды летней и зимней межени уровни речных и подземных вод снижаются. Это в значительной мере объясняет динамику образования карстовых провалов на первой террасе и на пойме, происходящих чаще всего после спада весеннего половодья.

У основания склонов и под дном долин рек, врезанных в карстующиеся породы, часто формируется крупноглыбовый горизонт (слой). Этот слой обязан своим происхождением избирательному выщелачиванию горных пород трещинно-

карстовыми водами в зоне их горизонтальной циркуляции (происходящему одновременно с формированием той или иной террасы). Трещины и пустоты в указанном слое обычно заполнены илистыми глинистым материалом, поставляемым речными паводковыми водами [1]. Ширина обвального-карстовых отложений (карстовой брекчии) вдоль берегов рек различна. Для Камы она, например, равна около 2–3 км, такого же порядка и ширина этих отложений на Ангаре в районе Братского водохранилища [1, 4].

Имеется подземный (или глубинный) карст, развитый в долинах рек Сибири больше, чем поверхностный. Продуктом глубинного карста, вскрытого эрозией, считаются [3] Ленские столбы, столбы в долине Алдана, Олекмы, Оленека и др.

Сопоставление развития подземного карста и речных террас было произведено достаточно давно. Образование крупных пещерных систем также связывается с поддолинными карстовыми полостями [5, 6]. Вследствие растворения подстилающих карстующихся пород возможно постепенное оседание днища долин [7–9]. Так, под влиянием выщелачивания гипсов (на глубине 60–80 м) в долинах Камы и некоторых ее притоков происходит медленное оседание пород с образованием ступенчатых оползней.

Известен карст ниже уровня грунтовых и проточных вод, в том числе под руслами рек [5, 7, 10–12]. В большинстве случаев это соляной и гипсовый карст, но известны случаи доломитового (Приангарье) и известнякового (Алдан) карста.

Имеются районы с мощным развитием известняково-доломитовых толщ, уходящих на большие глубины ниже речных долин (ниже базиса эрозии). Примерами могут служить долины рек Западной Двины (в районе Смоленских порогов), Онеги, Нижней Камы, Клязьмы (выше г. Коврова), Уфы и др. Так, на Онеге [11] гидрогеологические особенности карста (большое количество мощных источников, наличие связанного горизонта подземных вод и разработанной системы пустот и трещин) являются одним из по-

казателей древнего возраста подземного карста. Как правило, древний карст не связан с образованием современных долин рек. Однако упомянутые многочисленные источники напорных вод, несомненно, влияют на морфологию дна долин и русел рек.

При рассмотрении водности и отчасти морфологии рек в карстовых районах их обычно подразделяют [5 и др.] на реки в зоне питания и в зоне разгрузки подземных вод. Это преимущественно малые и отчасти средние реки. В отдельную группу выделяются крупные транзитные реки, пересекающие карстовые массивы. Эта классификация при дополнительном учете водности, уклона реки и мощности рыхлых покровных отложений полезна и при рассмотрении типов и схем деформаций речных русел с наличием карстовых форм рельефа.

Переход поверхностного стока в подземный, и наоборот, вызывает своеобразие морфологии русел рек и пойм (при их наличии), а как следствие и схем деформаций в зонах питания подземных вод и в зонах их разгрузки. В указанных зонах меняются активные руслообразующие факторы — сток воды и наносов. Нарушается баланс между количеством взвешенных и донных наносов. Сток же наносов, как известно, составляет внутреннее содержание русловых процессов. В результате появляются однонаправленные изменения эрозионно-аккумулятивных процессов, приводящие к однонаправленным же изменениям морфологического строения русла и поймы. В результате изменения баланса между количеством наносов, попадающих в русло вследствие подмыва пойменных берегов, и количеством наносов, оседающих на пойме в виде наилка, меняется соотношение между пойменным и русловым процессами. Направленность русловых процессов является самой характерной особенностью рек в зоне питания (реки с отъемами стока или реки-доноры) и дренирующих рек (реки-водоприемники). Обратимые циклические изменения, соответствующие гидрологическому режиму рек, наблюда-

ются на фоне указанных однонаправленных изменений. Значительное развитие получают местные (локальные) деформации в местах расположения карстовых форм рельефа (воронки, провалы и т. д.) и выходов источников подземных вод.

В зонах питания поверхностный сток поглощается как зияющими понорами и трещинами в обнажениях породы, так и заполненными аллювием русловыми понорами. Реки имеют наибольшую водность при подходе к зоне питания карстового района. Далее их водность уменьшается. Малые реки часто полностью исчезают под землей. Практически это наблюдается в областях питания подземных вод с маломощным покровом рыхлых отложений, во всех карстовых районах. Так, река Ватма и притоки Оки — Кишма, Черная, Ключик, Пекса, Кузума, Салакса, Нукса и другие исчезают в карстовых провалах. На отдельных участках теряют поверхностный сток мелкие притоки рек Сережи, Теши, Пьяны и др. [10].

На малых реках «зона эрозии», образующаяся в начале зоны снижения расхода, характеризуется интенсивным размытием ложа с образованием «микropорогов» и вертикальных уступов, у основания которых располагаются воронки размыва. Зона эрозии сменяется транзитно-аккумулятивной зоной, в которой происходит отложение части наносов с образованием своеобразных «побочней» и «перекатов». Русло меандрирует. Ниже по течению ложе потока заиливается. Выработанный продольный профиль потока с убывающим расходом характеризуется выпуклой кривой [13].

Река Понеретка, впадающая в реку Мсту, в среднем своем течении разветвляется на рукава, которые вскоре теряются в понорах [14, 15]. В августе сток Понеретки исчезает по течению выше, чем в весеннее время, т. е. в результате поверхностное русло во вторую половину лета укорачивается. Другой приток Мсты — Кермерка близ карбонового уступа постепенно уменьшает расход и затем пол-

ностью исчезает. Сухое русло имеет длину полкилометра.

Замечено, что на поймах рек, питающих карстовые воды, количество воронок и других поверхностных форм карста больше, чем на поймах транзитных дренирующих рек. На реках в зоне питания (особенно на малых) происходит интенсивное отложение наносов, обломочного материала со склонов долины и материала, образующегося в результате выщелачивания подстилающих карстующихся пород. Это приводит к образованию отложений повышенной мощности. По своему характеру процессы, происходящие здесь, в какой-то мере напоминают русловые переформирования на обычных реках по выходе их из гор с образованием конусов выноса. Интенсивное отложение аллювия в местах поглощения поверхностных вод карстовыми полостями и выщелачивание коренного ложа долин может привести к наращиванию поймы в высоту и относительному понижению уровней первой и второй надпойменных террас, вследствие чего со временем увеличивается частота затопления надпойменных террас речными водами [8, 9].

Внутри карстового массива исчезающие реки, связанные со значительным эрозионным врезом, нередко для Уфимского плато. С глубоко врезанными долинами связаны и многочисленные, местами исчезающие речки Кунгурско-Иренского карстового района [5, 14]. В карстовых массивах реки с незначительными аллювиальными отложениями на дне долин (преимущественно малые и средние реки) выглядят как цепь взаимосвязанных озер. Для них характерны дугообразные (фестончатые) берега и большие глубины. В карстовых районах Приуралья, на Тимане продольный профиль часто имеет ступенчатый вид. С врезанием рек в карстующиеся породы скорости их плановых деформаций резко уменьшаются. Часто они составляют от нескольких сантиметров до нескольких десятков сантиметров в год. Большую интенсивность имеют лишь локальные деформации. Наиболее закарсто-

ванные участки, как правило, приурочены к зонам максимальной трещиноватости.

В верхнем течении больших транзитных рек, пересекающих карстовые районы, обычно также наблюдается уменьшение водности, что соответственно отражается на их морфологии и схеме русловых деформаций. Например, даже такая мощная река, как Алдан, в среднем течении становится летом несудоходной из-за поглощения ее вод карстовыми пустотами, изобилующими в этом районе [12]. Потери воды определяются главным образом наличием и характером водоупоров, их близостью к поверхности. Ниже по течению на этих реках происходит восстановление, а затем и увеличение водности (они превращаются в дренирующие). Известно, что в карстовых районах реки практически не получают притоков, а питаются многочисленными родниками, выходящими в руслах. Так, в среднем течении Лены, Амги и на большей части Алдана часто встречаются карстовые источники, не замерзающие зимой. Посредством этих источников, приуроченных к долинам и руслам средних и больших рек (уровень которых является для них базисом эрозии), происходит разгрузка карстовых вод.

Продольный профиль транзитных рек (вследствие выходов трудноразмываемых карстующихся пород, изменения водности и положения местных базисов эрозии) обычно имеет более ступенчатый изломанный вид, чем на реках такой же величины за пределами карстового района. Как правило, он может быть представлен ломаной линией, часто к тому же выпуклой. На реках, врезанных в карстующиеся подстилающие породы, распространены цокольные террасы, образующиеся, когда последующий размыв (врез) оказался более значительным, чем предшествующая аккумуляция, и во врезе обнажилась как подошва аллювия, так и подстилающие карстующиеся породы. Плотность воронок на речных террасах обычно уменьшается с возрастанием мощности аллювия. В местах прижима русел рек (особенно вершин излучин) к склонам и террасам

отмечается приуроченность очагов оползневых процессов. Разрушение склонов усиливается в периоды прохождения половодий и паводков. При подъеме уровня воды происходит подпитка подземных вод посредством фильтрации речных вод в берега. На спаде половодий и паводков наблюдается обратная картина — смена знака гидравлического градиента, приводящего, по крайней мере, к частичному возврату воды в реки и выпиранию грунта, что приводит к активизации оползневых и суффозионных процессов в нижней части склонов долины.

Появление оползневых террас часто бывает вызвано выходами карстовых вод у подножия склонов транзитных и дренирующих рек. В среднем Поволжье долины рек с террасированными и оползневыми склонами распространены. Наблюдаются они и на самой Волге (например, у г. Самары). Осложнение склонов долины и уступов террас в очагах разгрузки подземных вод оплывинами и оползнями часто с образованием суффозионных воронок отмечается многими исследователями.

Пойма при глубоком врезе реки в карстующиеся породы может отсутствовать. Если же она есть, то также обычно цокольная (надкоренная) — более высокая, затопливающаяся лишь в годы большой водности и сильно зарастающая деревьями и кустарником. Мощность пойменной фации невелика. Вследствие замедленного развития излучин и протоков микрорельеф пойм часто более сглажен. На нем меньше следов перемещения русла в виде остатков береговых валов (вееров блуждания) и остатков отпавших излучин (серповидных стариц). Прирусловые валы, гривы, внутривпойменные емкости могут быть менее выражены. Зато количество карстовых форм рельефа (в основном воронок) и количество источников подземных вод у подножия склонов долины обычно велико. Как правило, более развиты притеррасные понижения, возникающие вследствие выхода у подножия склонов источников подземных вод и часто спрямляющие целые серии излучин.

Воронки на поймах рек в основном относятся к воронкам «просасывания» («вмывания»). Они образуются не в карстующейся породе, а в покрывающей ее рыхлой песчано-глинистой толще в результате механического просасывания (вмывания) рыхлого материала в расширенные карстовыми процессами трещинные поноры и подземные полости в цоколе. Пластичность покровных пород часто обуславливает блюдцеобразный тип воронок с незначительной глубиной, указывающей на замедленный ход развития карстовых процессов, например, на большинстве рек высокого Заволжья [16, 17].

Развитие карстовых форм в поймах рек осложняется пойменным процессом. В периоды половодий и паводков (особенно в многоводные годы) поймы затопляются. Возникают транзитные течения, способствующие смыву растительного покрова и эрозионному развитию карстовых воронок, разработке устьев трещин и поглощающих отверстий. В периоды межени и в маловодные годы происходит старение воронок вследствие отложения наилка, кольматирующего трещины на дне (а возможно, и поглощающие отверстия — поноры), препятствующего проникновению воды вглубь и развитию там полостей выщелачивания. При этом процесс выноса рыхлых отложений вглубь прекращается. Воронки задерновываются и зарастают с поверхности. Процессу их старения в маловодные годы благоприятствуют малая глубина (а то и полное отсутствие) затопления поймы, слабый водообмен внутри пойменных массивов и отсутствие достаточно выраженных струйных течений [16, 17].

В речных долинах под руслами транзитных рек формируется зона поддолинного движения карстовых вод по каналам и полостям с продольным стоком по отношению к долине. Эта зона вскрыта, например, в пермских гипсах при бурении в долинах рек Чусовой и Сылвы [6]. Вода движется по сообщающимся трещинам, каналам и полостям примерно вдоль русла реки Чусовой со скоростью 0,5–1,0 м/сутки. Увеличение пустот происходит не только

за счет растворения гипсов, но и путем механического воздействия на породу, о чем свидетельствует наличие гипсовой гальки.

Подрусловые потоки часто приводят к возникновению провальных котловин на дне реки. Провалы рек иногда сопровождаются бурным поглощением воды с образованием мощных и опасных водяных воронок. Так, в русле Оки у г. Озеры, врезанном в карбонатные породы, отмечаются воронки выщелачивания с понорами, засасывающими речные воды [15]. В каменистом русле верхнего Дона, протекающем в обнажениях девонских известняков, также встречаются «глубокие ямы». Водовороты в русле Сосны связаны с карстовыми ямами на дне реки [10]. Значительные водовороты имеются в руслах Десны у г. Трубчевска, Ипути у дер. Ущерпье, Сожи у г. Гомеля. Малые водовороты, которые население называет «вирами», распространены на реках Беседь, Ипуть, Снов, Судость и Десна ниже г. Брянска [5].

На транзитных и дренирующих реках (в зоне разгрузки подземного стока) практически могут наблюдаться все известные типы речных русел от слабоизвилистых врезанных с ленточными грядами и побочными до меандрирующих и многорукавных. Однако типы речных русел и их генезис, характер и интенсивность деформаций имеют свои особенности.

На обычных меандрирующих реках (с широкой долиной и достаточно мощной толщей аллювия) русло испытывает непрерывные плановые деформации, приводящие к образованию многочисленных излучин и заканчивающихся прорывом перешейка петли и отчленением ее (свободное меандрирование) или спрямлением русла за счет отчленения излучины, не достигшей формы петли (незавершенное меандрирование).

В карстовых районах спрямление излучин (прорыв перешейков) может происходить не поверхностным, а подземным путем [5, 7, 14, 18]. Образующийся вначале спрямляющий подземный водоток (пещерная река) в результате обрушения

кровли превращается в поверхностный. Отчленившаяся же излучина представляет собой не обычную старицу, сохраняющую воду и имеющую вид вытянутого озера, а обычный карстовый суходол, покрывающийся в дальнейшем провальными образованиями. В качестве примера этого явления можно сослаться на реку Вижай (приток Чусовой). Аналогичный характер имеет и намечающееся спрямление излучины на реке Сосьве вблизи пос. Шегульта, где перед большой излучиной уход воды под землю вблизи уреза реки можно наблюдать даже непосредственно. На перешейке излучины Сылвы в предуральском прогибе (около дер. Пеньки) зафиксировано развитие карстовых воронок, вытянутых по одной линии. Здесь под речными отложениями находятся гипсы, и карстовые воды образовали подземный поток, который поглощает часть речных вод. Известен факт намечающегося спрямления излучины реки Шелексы вблизи с. Савинского (территория Онего-Северодвинского междуречья).

Посредством провалов сводов подземных рек возможно не только спрямление меандрирующих рек и образование притеррасных речек при многорукавных руслах, но и спрямление врезанных (орографических) излучин и даже образование сквозных карстово-эрозионных долин (долин «прорыва») [7, 14]. Сквозные долины, например, распространены в юго-восточном Затиманье. Они соединяют верховья рек разных водосборов или притоки одного бассейна. В прорыве реки Вяткой Вятского Увала наряду с регрессивной эрозией немаловажная роль отводится также карстовым явлениям. Возможно даже появление каньонообразных долин чисто карстового происхождения. Для долин этого типа, возникших из пещерных тоннелей в результате обрушения сводов, характерны нависающие склоны.

Излучины рек, врезающиеся нижней частью русла в карстующиеся породы, имеют более угловатые очертания и крупнее (при той же водности) излучин в аллювиальных отложениях. Целые серии их могут спрямляться притеррасными

понижениями, образующимися вследствие выхода подземных вод у подножия склонов долины. В руслах рек могут наблюдаться каменные перекаты. При этом русла более распластаны. Так, ширина русла реки Пьяны (в долине которой очень много карстовых воронок, развитых в пойме и на обоих берегах) на незакарстованных участках долины составляет 5–8 м, на закарстованных — до 15 м и более [10].

Средние за многолетний период скорости (интенсивности) деформаций меньше скоростей деформаций излучин свободномеандрирующих рек. Зато изменчивость (вариация) скоростей деформаций вследствие наличия карстовых форм больше. По длине реки и во времени скорости деформаций русел изменяются более неравномерно. Указанная неравномерность определяется пестротой литологического состава, близостью расположения к поверхности карстующихся пород, размерами и плотностью распространения карстовых воронок на поймах и в руслах рек.

Глубинные (высотные) деформации наиболее выражены на относительно прямолинейных участках врезанного русла, на которых обычно наблюдаются ленточногрядовый и побочневый типы русловых процессов. Примерами могут служить участки рек Оки, Пинеги, Камы (от устья Вишеры до устья Чусовой), Белой (ниже г. Уфы). Колебания отметок дна за навигационный период на закарстованных участках указанных рек достигают 1,0–1,5 м.

Реки с наличием побочневидных образований, в долинах которых развиваются карстово-суффозионные процессы, в зависимости от мощности и характера рыхлых покровных пород очень разнообразны по размерам и устойчивости. Однако несмотря на это форма побочней во всех случаях подобна и наблюдаются определенные закономерности в сортировке слагающего материала. Особенностью побочней на реках в закарстованных территориях является то, что они гораздо чаще, чем на реках вне карстовых рай-

онов, отторгаются потоком у берегов и превращаются в осередки. Это, как правило, способствует снижению их подвижности и используется в инженерной практике.

При сравнительно небольшом врезе в карстующиеся породы и достаточно широких долинах транзитные и дренирующие реки (в зоне разгрузки подземных вод) сильно меандрируют. Уклоны и скорости их течения сравнительно невелики. Склоны долины и уступы террас, как и на транзитных реках с врезанным руслом, осложнены оплывинами и оползнями. Вследствие выклинивания водоносных горизонтов и разгрузки подземных вод широко развиты присклоновые и притеррасные понижения. Емкости центральной поймы сильно заболочены. Наблюдаются суффозионно-карстовые воронки. Скорости плановых деформаций русел увеличиваются (например, на реке Десне у г. Чернигова до 5–8 м/год).

Особую группу составляют малые реки (преимущественно в зоне разгрузки подземных вод), которые хотя и протекают в районах распространения карста, однако формируют свои русла в достаточно мощной толще рыхлых покровных отложений. Продольный профиль таких рек обычно может быть представлен во-

гнутой плавной кривой. Встречающиеся иногда переломы продольного профиля, как правило, приурочены к местам выхода карстующихся (неглубоко залегающих) пород на поверхность в виде порожистых перекатных участков. Характер поймы у таких рек практически тот же, что и у рек такой же величины за пределами распространения карстующихся пород. При наличии достаточно широкой долины эти реки развиваются по типу свободного меандрирования. Форма излучин, стадии их переформирования и микрорельеф пойм практически не отличаются от наблюдаемых на обычных реках. Средние за многолетний период скорости (интенсивности) деформаций близки к аналогичным скоростям для рек с отсутствием карстопроявлений, а в отдельных случаях могут даже превышать их (примером может служить река Песчаная у с. Точильное, впадающая с левого берега в Обь, в ее верхнем течении). Изменчивость (вариация) величин интенсивности плановых деформаций также больше. Это объясняется тем, что реки, не имея возможности углублять свои русла, как бы скользят по поверхности карстующихся пород, расходуя свою энергию на переформирование русел в плане.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Лукин В. С. Четвертичные отложения Кунгурского района, связанные с карстовыми процессами // Тез. докл. на совещании по изучению карста. Вып. 16. Приуралье. — М., 1956. С. 6–8.
2. Соколов Н. И. О соотношении карста и явления отседания склонов // Общие вопросы карстоведения. — М., 1962. С. 70–77.
3. Коржуев С. С. Карст Средней Сибири и Якутии // Вопросы общего и регионального карстоведения. — М., 1977. С. 132–151.
4. Печеркин А. И., Закоптелов В. Е. Карст и суффозия на берегах водохранилищ. — Пермь, 1982.
5. Максимович Г. А. Основы карстоведения. — Пермь, 1969. Т. II.
6. Горбунова К. А. Подрусловые карстовые полости и их отношения // Пещеры. — Пермь, 1963. Вып. 3. С. 79–90.
7. Павлов А. П. О рельефе равнин и его изменениях под влиянием подземных и поверхностных вод // Землеведение. 1898. Кн. III–IV. Т. 5. С. 91–147.
8. Станкевич Е. Ф. Особенности продольного профиля р. Визимки в Марийской АССР // Карст Нечерноземья. — Пермь, 1980. С. 70.
9. Назаров Н. Н. Теоретические и прикладные аспекты изучения закономерностей современного формирования карстовых участков речных долин // Матер. и краткие сообщ. 14-го плен. межвуз. координац. совещ. по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. — Уфа, 1999. С. 168–169.
10. Родионов Н. В. Карст европейской части СССР, Урала и Кавказа. — М., 1963.
11. Жуковский С. Я. Карстовые явления в среднем течении р. Онеги // Бюл. Моск. общ-ва испытателей природы (БМОИП). Сер. геология. Т. 37. Вып. 4. — М., 1962. С. 87–96.

-
12. *Пармузин Ю. П.* Карст в мерзлых грунтах // *Природа*. 1984. № 10. С. 34–40.
 13. *Краснов С. Ф.* Особенности эрозионно-аккумулятивных процессов малых временных потоков с убывающим расходом // *Исследования русловых процессов для практики народного хозяйства: Тез. докл. Всесоюзной науч. конф.* — М., 1983. С. 178–179.
 14. *Торсуев Н. П.* Факторы, обуславливающие местоположение карстовых исчезающих рек Русской равнины // *Карст равнинных территорий европейской части России*. — Казань, 1974. С. 114–126.
 15. *Чикишев А. Г.* Карст Русской равнины. — М., 1978.
 16. *Антроповский В. И.* Морфология долин и деформации русел рек в карстовых районах Европейской части России // *Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей: Труды V конф.* — М., 1999. С. 231–234.
 17. *Антроповский В. И.* Карстовые проявления в руслах и поймах рек Верхнего Поволжья и их учет на подводных переходах магистральных нефтепроводов // *Сб. науч. тр. Вып. 122.* — СПб., 1999. С. 161–172.
 18. *Рыжиков Д. В.* Природа карста и основные закономерности его развития. — М., 1954.

V. Antropovsky, O. Petrov

**MORPHOLOGY AND RIVER-BED FORMATION PROCESSES OF RIVERS
IN AREAS OF KARST SPREAD**

Peculiarities of morphology and river-bed processes of rivers in the areas of karst spread are generalized.