

## ГИДРОЛОГИЯ

*Н.Б. Барышников, Е.С. Субботина*

### ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РУСЛОВЫХ КАРЬЕРОВ НА РЕКАХ РОССИИ

*N.B. Baryshnikov, E.S. Subbotina*

### HYDROLOGICAL RISKS ASSOCIATED WITH DREDGING IN RUSSIA'S RIVER

*Рассмотрены гидрологические риски, возникающие при планировании и эксплуатации русловых и пойменных карьеров. Установлено, что основными их причинами являются антропогенный фактор и несовершенство или даже полное отсутствие методики расчётов посадок уровней. Выполнен анализ методики расчётов посадки уровней на примере р. Томи у г. Томска.*

*Ключевые слова: русловой карьер, пойменный карьер, объём добычи аллювия, посадка уровня, экологическая экспертиза, гидротехнические сооружения.*

*Hydrological risks are considered in scope of planning and implementing various dredging works in riverbeds and floodplains. The main reasons of such risks are anthropogenic factor and disadvantages or lack of methods of computation of water stage drop caused by dredging. A method of computation of water stage drop caused by dredging is analyzed for the Tom' River at Tomsk.*

*Key words: dredging, riverbed, floodplain, extent of alluvium production, water stage drop, ecological assessment, hydraulic engineering structures.*

Разработка русловых и пойменных карьеров на реках России и особенно её Европейской части приобрела широкий размах во второй половине и конце XX в. Это обусловлено тем, что добываемые нерудные ископаемые широко используются при строительстве в довольно больших количествах. Так, объёмы их добычи в этот период достигали нескольких сотен тысяч м<sup>3</sup> в год. При этом создавался большой экономический эффект, обусловленный резким уменьшением транспортных расходов и расходов, связанных с организацией наземных карьеров.

Однако при этом, как правило, не учитывались негативные последствия, сопровождающие такие работы. Основными из них являются посадки уровней и перемещение карьеров вниз по течению реки. Действительно, обычно в первую очередь разрабатываются выпуклые формы рельефа речных русел, а именно: перекаты, острова, осередки, побочни и другие, оказывающие значительное сопротивление движению речного потока. При их разработке сопротивления резко уменьшаются, что вызывает падение (посадку) уровней воды. Величины та-

ких посадок бывают весьма значительны, на ряде рек достигая 3–5 м (реки Стрый, Томь и другие). Это приводит к снижению устойчивости гидротехнических сооружений и, как следствие, к их разрушению. В качестве примера можно привести разрушение опор моста через р. Стрый, обусловившее необходимость строительства нового моста. Особенно остро стоит вопрос обнажения из-за посадки уровней водозаборов и водовыпусков. Так, на р. Томи в районе г. Томска из-за посадки уровня были обнажены водозаборы и водовыпуски, что в меженный период привело к экологической катастрофе. Это обусловлено тем, что городские нечистоты, ранее сбрасываемые в реку, стали отлагаться на её берегах в черте г. Томска в его рекреационной зоне. Также существенно пострадали набережные, причалы и другие гидротехнические сооружения. Посадки уровней негативно отразились и на судоходстве.

Следует отметить, что по принятой классификации [2] русловые карьеры подразделяются на малые, большие и карьерные участки. При этом, к сожалению, чёткие критерии такого деления отсутствуют. Действительно, Б.Ф. Снищенко [5] к малым относит карьеры, объём извлечённого аллювия из которых примерно равен 1/3 объёма годового стока донных наносов, а Г.Л. Гладков существенно увеличивает эту величину до 0,8–1,0 объёма стока этих наносов [3].

По-видимому, малые карьеры не оказывают существенного воздействия на величину посадки уровней, которая в этом случае, как правило, не превышает 10–15 см.

К карьерным участкам относят такие, где отбор аллювия происходит на протяжении нескольких и даже десятков километров. При этом разрабатываются не только выпуклые формы рельефа, но даже и базальные горизонты. Такие участки характерны для рек Оки, Белой, Вятки и других.

Как указывалось, вторым негативным фактором является сползание карьера вниз по течению реки. Оно обусловлено значительным увеличением глубин в результате разработки карьера, приводящим к изменению транспортирующей способности руслового потока по длине реки. Объяснение этого явления приведено Б.Ф. Снищенко [5] и иллюстрируется рис. 1.

Значительно реже производится разработка пойменных карьеров. Это в первую очередь обусловлено составом грунтов, слагающих поймы. Действительно, пойма имеет двучленное строение [2]. Её нижние слои сложены из крупнозернистой русловой, а верхние – из мелкозернистой пойменной фракции. Однако разработка пойменных карьеров также сопровождается негативными последствиями. Одним из них является разрушение, точнее, ликвидация дернины на участке карьера, приводящая к резкому уменьшению критических скоростей размыва. Следствием этого является образование протоков на поймах, размеры которых могут быть соизмеримыми с размерами речных русел.

Рассмотрим, какие же гидрологические риски возникают при проектировании и разработке русловых и пойменных карьеров. Прежде чем перейти к анализу данной проблемы, необходимо ответить на самый важный вопрос, а имен-

но: целесообразно ли проектировать и разрабатывать такие карьеры? По нашему мнению, ответ не является однозначным. Он должен быть основан на научно обоснованных экономических расчётах и экологической экспертизе, т.е. на учёте, в том числе различных гидрологических рисков. Поэтому и рассмотрим основные из них. Главным из них, безусловно, является человеческий фактор, обусловленный несовершенством расчётных методов и недостаточной квалификацией лиц, принимающих ответственные решения.

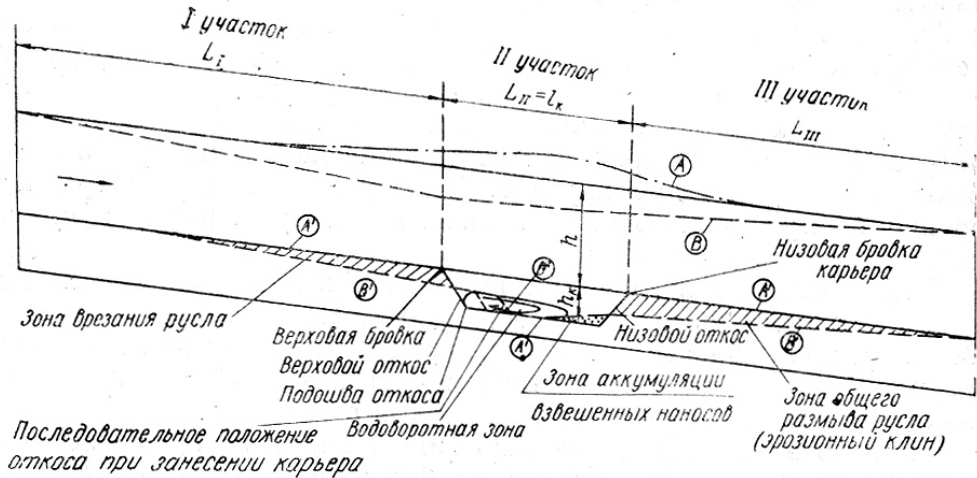


Рис. 1. Схема деформаций дна русла и изменения уровня воды в зоне влияния карьера.

A, A' – положение водной поверхности и дна русла до устройства карьера;

B, B' – положение водной поверхности и дна русла при частичном занесении карьера наносами

По-видимому, наибольшие гидрологические риски возникают при расчёте величины посадки уровней. Методика их расчётов разработана одним из авторов [1, 2] на примере р. Томи у г. Томска и основана на графической зависимости вида (рис. 2):

$$\Sigma \Delta H_i = f(\Sigma \Delta W_i, Q_{\text{макс}}), \quad (1)$$

где  $\Delta H_i$  – посадки уровня за  $i$ -й период;  $\Delta W_i$  – объём извлечённого за год аллювия;  $Q_{\text{макс}}$  – максимальный расход воды, характеризующий объём годового стока донных наносов.

Последняя характеристика принята априори на основе зависимости

$$v_i = \alpha Q_{\text{макс}} + b. \quad (2)$$

Здесь  $v_i$  – объём годового стока донных наносов;  $\alpha$  и  $b$  – эмпирические коэффициенты.

Как видно на рис. 2, где приведена графическая зависимость (1), расчётная кривая сначала расположена почти вертикально, а затем резко выполаживается. Это свидетельствует о том, что сначала при малых объёмах добычи аллювия

наблюдаются большие посадки уровней, а затем последние резко уменьшаются даже при больших объёмах добычи аллювия. Это обусловлено тем, что сначала разрабатываются выпуклые формы рельефа, занимающие небольшие площади речного русла, а затем происходит разработка карьера по всей ширине и длине участка. Данная зависимость имеет не только научное, но и большое практическое значение. Действительно, с ее помощью можно планировать и, в какой-то степени, нейтрализовать воздействие негативного последствия разработки карьера. В частности, подсчитать экономическую эффективность данной работы.

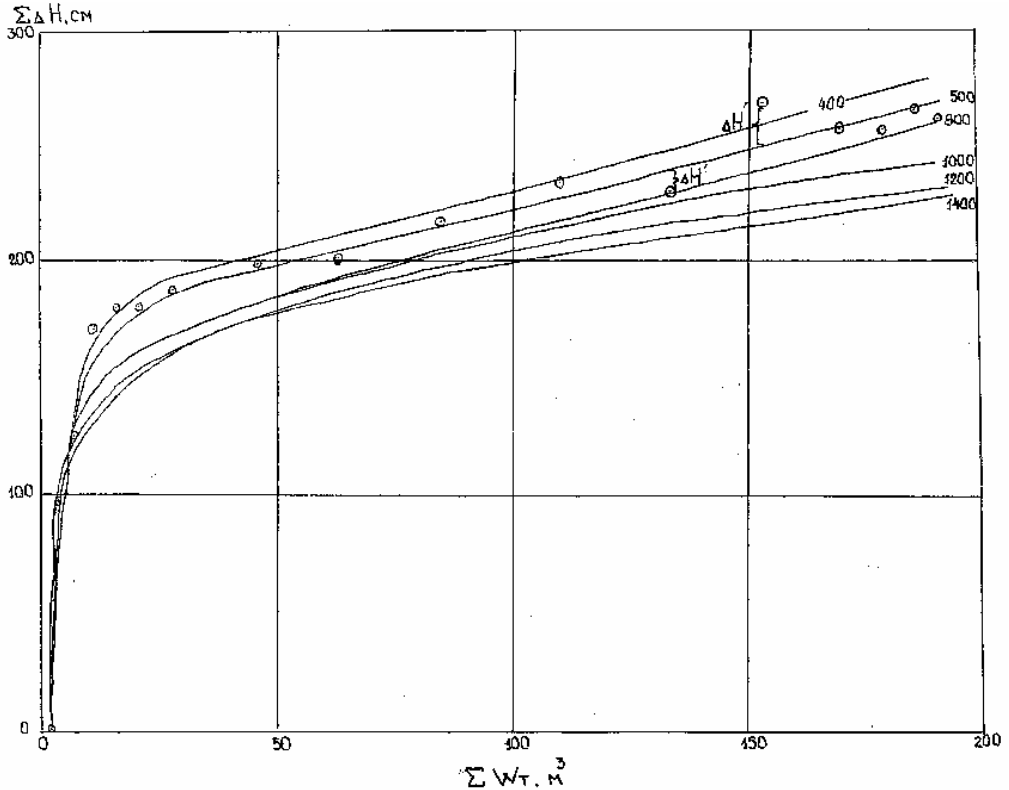


Рис. 2. Зависимость  $\Sigma \Delta H_i = f(\Sigma W_i, Q_{\max})$  (р. Томь, участок у г. Томска)

В то же время различные реки и даже участки рек имеют существенно отличные особенности морфологического строения речных русел. Следовательно, методика, предложенная для условий разработки руслового карьера на участке р. Томи у г. Томска, может считаться неэффективной для участков разработки русловых карьеров на других реках. Таким образом, одним из гидрологических рисков является несовершенство методики расчёта величины посадки уровней воды при разработке карьера. Каков же выход из этого положения, имеющий большое практическое значение? По нашему мнению, он состоит в переходе от

абсолютных величин, свойственных конкретному участку, к относительным, т.е. к зависимостям вида

$$\frac{\Sigma \Delta H_i}{\Delta H_0} = f \left( \frac{\Sigma \Delta W_i}{\Delta W_0}, \frac{Q_{\max}}{Q_{\max}} \right), \quad (3)$$

где  $\Delta H_0$  – максимально допустимая величина посадки уровней;  $\Delta W_0$  – наибольший допустимый объём извлечённого аллювия;  $\bar{Q}_{\max}$  – среднегодовое значение максимального расхода воды.

Возможны и другие реперные значения этих величин. В любом случае данная методика, не являющаяся всеобъемлемой, вполне может быть применима для ориентировочных расчётов, которые крайне необходимы при кардинальном решении проблемы, заключающейся в необходимости ответа на вопрос о том, быть или не быть русловому карьеру и какой объём извлекаемого аллювия является допустимым при минимальных негативных, в том числе экологических последствиях.

При принятии таких решений необходимо учитывать воздействие не только имеющихся на данном участке гидротехнических сооружений и различных водохозяйственных объектов, но и тех, возведение которых планируется в будущем.

Особенно остро стоит вопрос разработки русловых карьеров в нижних бьефах ГЭС. В этом случае посадки уровней, возникающие из-за разработки карьера, будут суммироваться с посадками из-за общего размыва нижнего бьефа ГЭС.

Примером может служить р. Обь ниже Новосибирской ГЭС. «Посадка межени уровней и изменение характера русловых деформаций произошли здесь в результате как зарегулированности стока, так и забора из русла аллювия. Заложённые в проект ГЭС прогнозы предела максимальных деформаций в нижнем бьефе не оправдались. Предполагалось, что зона активного размыва не распространится от створа гидроузла более чем на 3–4 км при посадке уровня на верхней границе участка (за 50 лет эксплуатации ГЭС) до 0,5 м. Фактически уже за 25 лет после постройки ГЭС зона размыва распространилась на 40 км, понижение проектного уровня в створе гидроузла составило 1,6 м, а по Новосибирскому гидрологическому посту (ниже на 20 км) примерно 0,4 м. Развитию зоны размыва сопутствует перемещение района отложений» [4, с. 116]. Таким образом, дополнительным гидрологическим риском следует считать несовершенство методики расчётов посадки уровней при совместном воздействии как разработки карьера, так и деформации общего размыва русла в нижних бьефах ГЭС.

Значительно сложнее предусмотреть негативные последствия разработки пойменных карьеров. Действительно, информация о негативных последствиях

их разработки является крайне ограниченной. К тому же дополнительным осложняющим фактором является то, что на многих реках (Волга, Днепр, Дон, Обь и др.) поймы находятся в затопленном или подтопленном состоянии от нижерасположенных водохранилищ. Степень деформации пойм зависит от размеров пойменного карьера, глубины его разработки, величины и продолжительности паводка или половодья, определяющих глубину затопления пойм и скоростной режим пойменных потоков, а также наличия различных пойменных проток, озёр и других водоёмов, степени зарастания пойм растительностью и других факторов.

Следует отметить, что проблема пойменных карьеров недостаточно изучена, что ещё больше осложняет ситуацию при решении вопроса о целесообразности разработки пойменных карьеров и допустимых объёмах добычи аллювия.

### ***Литература***

1. *Барышников Н.Б., Самусева Е.А.* Антропогенное воздействие на саморегулирующуюся систему бассейн – речной поток – русло. – СПб.: РГГМУ, 1999. – 218 с.
2. *Барышников Н.Б.* Руслые процессы. – СПб.: РГГМУ, 2008. – 438 с.
3. *Гладков Г.Л., Журавлёв М.В., Соколов Ю.П.* Оценка воздействия на окружающую среду инженерных мероприятий на судоходных реках. – СПб.: изд-во А. Кардакова, 2005. – 241 с.
4. *Дегтярёв В.В.* Улучшение судоходных условий Сибирских рек. – М.: Транспорт, 1987. – 175 с.
5. *Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Смищенко Б.Ф.* Основы гидроморфологической теории руслового процесса. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 272 с.