

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 551.435.1→551.438.5:622.2(571.5)

© 2003 г. **О.В. ВИНОГРАДОВА****ТРАНСФОРМАЦИЯ РЕЧНЫХ РУСЕЛ
ПРИ ОТРАБОТКАХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ РОССЫПЕЙ¹**

Одним из наиболее негативных факторов, влияющих на состояние природы русловых систем, является разработка аллювиальных россыпных месторождений золота, при которой происходят необратимые изменения пойменно-руслowych ландшафтов. Эти негативные изменения затрагивают экосистемы рек и пойм, играющие роль своеобразного каркаса биосферы, а также сами русла, формирующие эти экосистемы, что определяет особую важность происходящих при отработках процессов.

Воздействия, вызванные отработкой россыпей, можно разделить на косвенные и прямые. Косвенные влияют на весь бассейн реки – вырубка леса, изъятие сельскохозяйственных продуктивных, охотничьих угодий, местообитаний животных и растений, изменения среды жизни коренного населения, ухудшают общее экологическое состояние природы бассейна. Прямые воздействия непосредственно изменяют естественные ландшафты долинных комплексов. Исследованиям этих процессов уделяется большое внимание, как в литературе, так и в создаваемых общегосударственных и региональных инструкциях по рекультивации отработанных земель [1, 2]. Однако обзор этих источников показал, что в них практически не уделяется внимание основному агенту, формирующему пойменно-русловой комплекс – самому руслу реки. В то же время, как показали наши исследования, проведенные в трех крупных россыпных районах Восточной Сибири – Алданском, Куларском и Ленском, при отработках россыпей руслу наносится непоправимый ущерб, последствия которого приводят к тому, что во многих случаях при эксплуатации месторождений естественные реки фактически уничтожаются – т.е. в русловых системах происходят необратимые изменения.

Чтобы представить себе сущность процессов, происходящих при отработках россыпей, остановимся на основных способах их эксплуатации, каждый из которых приводит к определенным изменениям русел рек. Существует три основных способа отработки аллювиальных месторождений – гидравлический, подземный и дражный. Первые два оказывают меньшее влияние на русла, тогда как при дражном способе оно из естественного состояния переходит в техногенное.

Гидравлический способ употребляется при отработке небольших обогащенных участков россыпей на склонах и террасах долин. Воздействие на русло при этом заключается в заборе воды для промывки гидромониторами и спуска пульпы, что в тысячи раз увеличивает мутность. На пойме остаются отвалы пустой породы, образующие типичные техногенные ландшафты.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке программы “Университеты России. Фундаментальные исследования”.

Подземный способ применяется при отработке глубоко залегающих погребенных россыпей, при этом само русло непосредственно не подвергается изменениям. Река служит источником водозабора, а отходы промывочных установок сбрасываются в виде отвалов на пойму. Возникает техногенный рельеф в виде отвалов разной высоты, состоящих из отложений разной крупности. Весной полые воды размывают и отвалы, и отстойники. Мутность воды также как и в первом случае значительно возрастает. Увеличение мутности происходит не только в отрабатываемых реках, но и в реках-приемниках. По данным Е.К. Кирилловской и Ю.Т. Гончарова [3] из бассейна р. Бургуат, в котором проводятся отработки россыпей, в Яну выносятся до 100 тонн взвешенных частиц. Возникший техногенный рельеф на пойме и значительное увеличение мутности воды отрицательно влияют на местную ихтиофауну, особенно на состояние нерестилищ рыб. Скорости зарастания отвалов зависят от общей климатической обстановки района и пропорциональны сумме положительных температур вегетационного периода. Особенно медленно происходит зарастание отвалов в тундровой зоне, где восстановление естественных биоценозов замедлено не только благодаря низким температурам, но и наличию многолетнемерзлых пород, которые создают гидрологический режим, не благоприятствующий сукцессионным процессам.

Наиболее жесткое и практически необратимое воздействие на русловые системы оказывает широко применяемый дражный способ отработки россыпей. Изменения, которые происходят при его использовании можно отнести к критическим, так как они необратимы как для поймы, так и для русла. Для того, чтобы запустить драгу, на участке отработки, расположенном непосредственно в пойменно-русловом днище, естественное русло отводится в виде канала, по которому пускается поток воды. В начале и конце отрабатываемого участка возводятся дамбы. Для того чтобы подойти к обогащенному аллювиальному горизонту экскаваторы снимают почвенные горизонты и пустую породу и, хотя по инструкциям после эксплуатации месторождения почвенные горизонты должны возвращаться на место, это делается в редких случаях. Реально это практически невыполнимо, так как драги проходят одни и те же участки по несколько раз, отрабатывая техногенные россыпи или уже отработанные участки при снижении кондиций. Таким образом, если драга запущена – она остается в реке десятилетиями, преобразуя пойменно-русловые комплексы в техногенные ландшафты.

Процесс дражной отработки требует огромного количества воды. При этом водозабор может быть обратимым – т.е. вода, отстоявшаяся в отстойниках, вновь возвращается в реку. Часть воды не восполняется. При промывке обогащенной породы также происходит увеличение мутности из отстойников, насыщенных большим количеством илистых частиц, а иногда даже химических коагулянтов, что приносит большой вред ихтиофауне. В соединении с принципиальным изменением рельефа дна эти факторы приводят к практически полному уничтожению нерестилищ рыб, процесс естественного воспроизводства рыбного стада прекращается. Так, в Алданском районе для абсорбирования мельчайших частиц золота применялись цианиды. Некогда красивые таежные реки превратились в "мертвые" долины, на берегах которых отсутствует растительность. Сами же потоки – это коричневато-бурая жидкость, в которой трудно представить наличие живых организмов.

Проведенные нами исследования в Ленском и Алданском районах, где преобладает дражный способ отработок россыпей, показали, что в основном антропогенному прессингу подвергаются долины средних порядков (III–VI), в которых создаются наиболее благоприятные условия россыпеобразования. В таких долинах россыпи занимают практически всю протяженность рек. Такая же картина характерна и для других русловых систем России – Колымы, Индигирки, Енисея, Амура и т.д. [4]. Протяженность участков отработок может достигать нескольких десятков километров. Известные россыпи – гиганты рек Бодайбо, Ваца, Хомолхо – протягиваются на расстояние

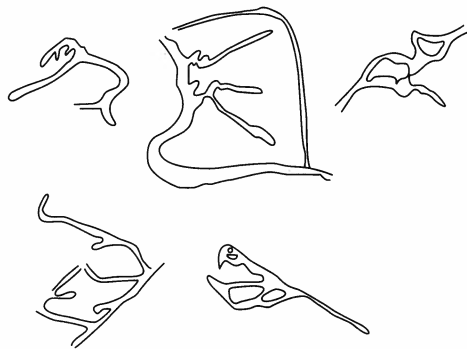


Рис. 1. Фрагменты русел на участках отработок драгами

до 100 км и более и практически отработаны на всю длину – т.е. полностью превращены в техногенные реки значительной протяженности. Реки более низких порядков обычно содержат россыпи в своих устьевых зонах, в которые попутно с отработкой основной реки заходит драга. Таким образом, наиболее уязвимыми для отработок являются долины средних порядков, которым принадлежит немаловажная роль в формировании расходов основных рек.

В долинах средних порядков отчуждаются значительные площади поймы и террас. В пределах поймы сооружаются дамбы, плотины. Степень их влияния на поток определяется соотношением высоты дамб и уровней паводков. При высоких паводках не исключен прорыв дамб. В этом случае, при снижении уровня воды, русло вновь направляется в водоотводный канал, а в днище долины остаются его фрагменты самой разнообразной формы (рис. 1). Постепенно они высыхают и превращаются в озера "старицы", которые вместе с отвалами образуют своеобразный техногенный ландшафт. Высота отвалов может достигать 10 м и более. Со временем они покрываются растительностью, а в зоне распространения многолетнемерзлых пород сковываются льдами – то есть эти формы рельефа достаточно устойчивы и сохраняются в долине долгое время. Интересный пример приводит А.А. Лукашов. В Босанских рудных горах (Внутренние Динариды) рельефно выступают над поймами небольших рек отвалы россыпей золота, отработанные еще в эпоху римской колонизации [6]. Поскольку дамбы часто не ликвидируются после прекращения отработок россыпей, их воздействие продолжается и в последующее время.

Значительные площади озер, изъятие воды для технических нужд снижают расходы воды. Водоемы – озера, расположенные в присклоновой части днища, служат аккумуляторами стока притоков низких порядков, что также способствует снижению расходов в русловых системах. На примере Ленского района нами установлено, что в естественном состоянии площадь, занятая современным руслом, составляет от 3 до 10% от площади днища. Площади водной поверхности искусственно созданных в процессе эксплуатации россыпей водоемов увеличиваются в 30–40 раз, занимая в некоторых случаях до 40–50% от площади днища. Проведенные расчеты показали, что потеря расходов в связи с техногенными отработками составляет до 45% [5].

В некоторых случаях в зоне развития многолетнемерзлых пород трансформация пойм приводит к положительным для биоты последствиям. Участки с повышенным дренажем на месте дражных отработок на поймах нередко зарастают лугами с более высокой по сравнению с первичной растительностью продуктивностью, а также служат местобитаниями некоторых животных (горностай, американский суслик, каменка и т.п.), которые обычно в зоне вечной мерзлоты селятся только в горах.

В некоторых случаях на поверхности пойменно-руслового днища возникают интересные явления трансформации естественных русел после отработки. Так, в одной из долин Ленского района драга прошла вдоль левого и правого бортов днища, образо-

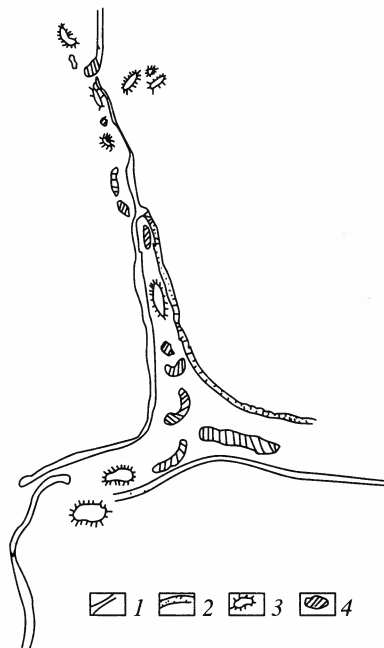


Рис. 2. Участок долины р. Накатами неоднократно отработанный драгами
1 – естественное русло, 2 – отводное русло, 3 – отвалы, 4 – карьеры-озера

вав два искусственных практически прямолинейных рукава, отгороженных от основного днища высокими отвалами. После отработки россыпей и прорыва дамбы поток разделился на два рукава, образуя техногенные русла. Еще один интересный пример создания техногенного русла был отмечен геологом В.Н. Новиковым (устное сообщение), который наблюдал картину раздвоения русла в устьевой зоне крупного притока в одной из рек Красноярского края. В устье притока дважды заходила драга. Ее отвалы служат перемычкой между двумя техногенными руслами. Наглядный пример изменения морфологии пойменно-руслового днища при неоднократной отработке россыпей – фрагмент долины р. Накатами при ее впадении в реку Бодайбо (Ленский золотonosный район) (рис. 2).

Изменение морфологии долины на участках отработок сказывается в характере продольного профиля реки, отражающего ступенчатость руслового днища (рис. 3). Это также объясняется искусственным рельефом, созданным в процессе отработки россыпей. Хотя после окончания работ производится прорыв перегораживающих дамб, и русло устремляется на пойму, часто возникает такая своеобразная техногенная "четковидность" – пересекая дамбу, русло собирается в узкий поток, а при выходе на пойму распластывается по ней несколькими рукавами, которые в межень образуют "техногенные" старицы.

Результаты дражных разработок сказываются и в изменении гранулометрического состава наносов рек. Отвалы представляют собой довольно закономерно изменяющиеся по крупности отложения – от валунно-галечных до иловатых. При неоднократной переработке россыпей и дражных отвалов "перелопачивается" весь аллювий. В результате возникает искусственная дифференциация аллювия – валунные галечники без заполнителя, слагающие холмы отвалов, супеси, суглинки, накапливающиеся в отстойниках. Взвешенный материал сточных вод дражных разработок находится в сильно измельченном состоянии, почти не осаждающемся при отстаивании. Для интенсификации этого процесса применяются коагулянты, но они оказывают вредное воздействие на ихтиофауну. Такое положение создается на многих реках Урала, Сибири,

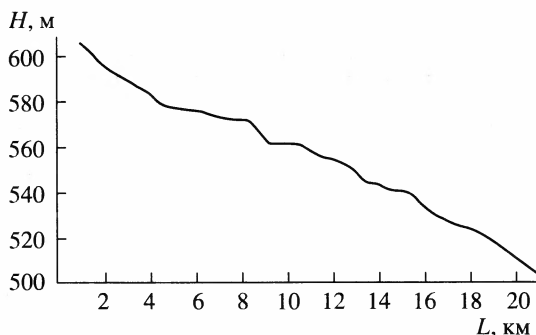


Рис. 3. Продольный профиль русла на участке отработки долины драгами

Якутии, Севера Дальнего Востока. Вредные вещества и огромное количество мелких илистых частиц попадают и в приемные бассейны. Имеются данные, что дражный флот и промприборы золотодобывающей промышленности Сибири сбрасывают ежегодно около 2 млн. м³ сточных вод с большим содержанием взвесей [2].

В результате дражных работ нарушается дифференциация наносов по крупности. Водный поток не может перенести крупные валуны, положение которых остается практически без изменения, тогда как мелкая галька и илистые фракции уносятся вниз по течению, значительно изменяя консистенцию потока. Насыщенность потока взвешенными частицами в 5–50 раз больше по сравнению с мутностью рек-аналогов, незатронутых горными работами, которая составляет в межень 0.5–1.0 мг.

Косвенные и прямые воздействия дражных отработок нарушают практически все закономерные процессы в эрозионно-русловых системах, но интенсивность их воздействия зависит от многих факторов. На территории России известно более 80 россыпных районов. Большинство из них находится в районах Сибири и Дальнего Востока – территориях с небольшими антропогенными нагрузками. Золото – древнейший металл, добываемый из рек. В России первые разработки россыпных месторождений – на Урале, в Енисейском крае – относятся к началу XIX века. Во второй половине XIX века к ним добавляются крупные открытия россыпей в бассейнах Лены и Амура, в Забайкалье. Новый подъем начинается с конца 30-х годов XX века открытием и освоением россыпных месторождений Яны, верхних звеньев русловой системы Колымы, в реках Чукотки [4]. К концу XX века характерно резкое увеличение площадей обрабатываемых территорий. Так, по данным Н.А. Шилов [4] только на севере Амурской области непосредственным воздействием эксплуатационных работ захвачены долины рек, склоны и междуречья площадью более 18 тыс. км². В районе Колымы площадь нарушенных земель достигает 2.5 млн. га. На основе Карты геоэкологических условий освоения золотороссыпных районов Российской Федерации [7] нами проведена оценка в баллах уровня трансформации русловых систем России в результате отработок россыпных месторождений в их долинах по принципу: чем больше трансформирована русловая система, тем выше присвоенный ей балл (табл. 1). Было учтено два момента: 1) длительность отработок и освоенность территории и 2) отношение площадей, испытывавших отработку, к общей площади бассейна русловой системы. В таблицу, естественно, не вошли русловые системы, в которых россыпные месторождения либо отсутствуют, либо находятся в стадии поиска. Наибольшие площади россыпных отработок с длительной историей их освоения сосредоточены в русловых системах Лены, Индигирки, Колымы, Яны и Амура. В остальных районах уровень освоения месторождений не так велик. Многие районы имеют небольшие россыпные проявления, и их отработка слабо влияет на экологию русловых систем.

В россыпных районах, в связи с общей тенденцией возрастания требований к рекультивации нарушенных земель, возникает естественный вопрос о возможности и

**Уровень трансформации русловых систем в результате отработок
россыпных месторождений в их долинах**

Русловые системы	Балл
Обь	2
Енисей	2
Лена	3
Оз. Байкала	1
Яна	3
Индигирка	4
Колыма	5
Чукотки, Камчатки и побережья Охотского моря	3
Амур	3
О-ва Сахалина и восточного склона Сихотэ-Алиня	1

сроках рекультивации долин, подвергшихся отработке. В настоящее время разработаны инструкции, определяющие сроки рекультивации и неотложные меры по проведению различных мероприятий. Все они касаются в основном поймы рек, которые действительно подвергаются восстановительным мероприятиям. На наш взгляд о полном возвращении рек к естественному состоянию не может быть и речи. При отработке россыпей, особенно дражным способом, в поймах и руслах рек происходят необратимые явления. В этом случае можно говорить лишь о частичном восстановлении нарушенных русловых систем.

Прежде всего, в основных районах отработок россыпных месторождений работы по эксплуатации аллювиальных месторождений золота практически никогда не заканчиваются: при снижении кондиций в них вновь и вновь работает драга, отрабатываются также техногенные россыпи, т.е. процесс нарушения естественного состояния рек происходит постоянно. В районах и на участках прекращения эксплуатационных работ происходит преобразование техногенных ландшафтов – отвалы зарастают растительностью, сначала луговой, потом кустарниковой, а затем и древесной. Постепенно и русло приобретает все более близкие к естественным формам очертания. Выравнивается продольный профиль, места прорыва перемычек постепенно размываются, русло образует меандры, делится на рукава. На морфологию вновь образовавшихся русел большое влияние оказывает техногенный рельеф – отвалы, карьеры – поэтому такие русла можно назвать природно-техногенными. Несколько сложнее обстоит дело с естественной дифференциацией аллювия, так как при отработке россыпей на поверхности поймы и в отвалах извлекаются крупные валуны из базального горизонта, которые не перемещаются в водном потоке, образуя своеобразный "техногенный" перлювий. Более мелкие фракции переносятся потоком в половодья и паводки, что постепенно вызывает выравнивание отложений по крупности. Потоки вымывают илстые частицы, которые заполняют пустоты между более крупными частицами, либо выносятся в приемные реки. Вода постепенно осветляется, что способствует возобновлению рыбных запасов. В целом можно сказать, что со временем, испытавшие отработку россыпей реки превращаются в особый тип природно-техногенных ландшафтов. Скорость их релаксации определяется степенью нарушенности и потенциальной энергией русловых систем к самовосстановлению. Энергетическая составляющая определяется уклонами долин и расходами русел, которые увеличивают транспортирующую способность потоков и скорости их вертикальных и горизонтальных деформаций. Используя эти показатели, мы попытались оценить сравнительные скорости релаксации некоторых долин, в различных русловых системах России априорно приняв, что дальнейшие работы на реках не ведутся. Расходы рек определялись по данным Гидрологических ежегодников и оценивались в баллах по возрастающей градации, а уклоны по косвенному признаку – высоте местности над уровнем моря. Они

Коэффициент релаксации отработанных долин в русловых системах России

Русловые системы	Степень освоения россыпных месторождений	Расходы воды в реках	Высота над уровнем моря	Коэффициент релаксации
Обь	2	2	3	2.5
Енисей	2	5	2	3.5
Лена	3	4	3	2.3
Оз. Байкала	1	2	2	4.0
Яна	3	3	2	1.7
Инди́гирка	4	1	3	1.0
Колыма	5	2	3	1.0
Чукотки, Камчатки и реки побережья Охотского моря	3	1	4	1.7
Амур	3	4	3	2.3

также оценивались в баллах по возрастающей градации. В результате, приняв, что энергия рельефа способствует восстановлению естественных пойменных ландшафтов и русел, введен коэффициент релаксации отработанных долин, равный отношению энергии русловых систем, т.е. суммы баллов расходов и высоты местности к степени отработанности долин (также в баллах). Эти данные сведены в таблице 2.

Наиболее способными к быстрой релаксации оказались реки бассейнов Енисея, Байкала, Лены, Амура. Наименее – Инди́гирки, Яны, верховьев Колымы, рек Чукотки и побережья Охотского моря. Таким образом, более значительными темпами восстановления русла обладают бассейны рек с большой энергией русловых систем. Эти реки протекают в горных районах и тяготеют к лесной зоне с умеренно влажным климатом. Другая группа бассейнов с низким коэффициентом релаксации относится к русловым системам приморских низменностей тундровой зоны, в которой все процессы идут замедленно. Большое влияние на темпы русловых деформаций оказывает вечная мерзлота. На наш взгляд эти различия необходимо учитывать при проектировании рекультивационных мероприятий.

В заключение отметим, что, несмотря на большое количество россыпных месторождений в России и давности отработок последних, русловые системы в масштабе крупных речных бассейнов не испытывают катастрофических изменений. Прежде всего, это определяется положением россыпей в низких звеньях гидросети, их локальностью и ограниченностью площадей распространения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зубченко Г.В., Сулин Г.А.* Рациональное использование водно-земельных ресурсов при отработке россыпей. М.: Недра, 1980. 238 с.
2. *Геоэкологические исследования при разведке и освоении россыпей.* М.: Геоинформмарк, 1992. 57 с.
3. *Кирилловская Е.К., Гончаров Ю.Т.* Технология бессточного водопользования при разработке россыпных месторождений арктических низменностей // Колыма. 1989. № 7. С. 22–23.
4. *Шило Н.А.* Основы учения о россыпях. М.: Наука, 1985. 398 с.
5. *Хмелева Н.В., Виноградова О.В., Сысоева С.М.* Об экологических последствиях воздействия разработок аллювиальных россыпей на русловые процессы // Геоморфология. 1995. № 3. С. 40–46.
6. *Лукашов А.А., Невяжский И.И.* Принципы прогнозирования геоморфологических последствий отработки месторождений полезных ископаемых // Геоморфология. 1979. № 4. С. 21–27.
7. Карта геоэкологических условий освоения золотороссыпных районов Российской Федерации / В.Н. Новиков. ЦНИГРИ. 1997.

TRANSFORMATION OF RIVER CHANNEL DURING ALLUVIAL PLACER EXPLOITATION

O.V. VINOGRADOVA

Summary

Of the main ways of gold placers exploitation, the most devastating for environments is dredging. The paper considers environmental consequences of dredge usage for placer mining in mountain rivers of medium order. The intensity of impact on channel system depends on the work duration and area, as well as on characteristics of regional environments. Capability of river to restore the channel characteristics after placer has been abandoned is found as relationship of sum of the river discharge and gradient to degree of disturbance.

551.4.311.21(8+94)

© 2003 г. А.В. ГУСАРОВ

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭРОЗИИ В ЮЖНОЙ АМЕРИКЕ И АВСТРАЛИИ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX СТОЛЕТИЯ¹

Южная Америка

Интенсивность эрозии на территории Южной Америки, оцениваемая модулями речного стока взвешенных наносов (далее СВН) как объективного показателя эрозии, имеет широкую пространственную изменчивость.²

Андский пояс: в зависимости от соотношения ведущих нанософормирующих факторов (высота и расчлененность рельефа, объем и годовой режим водного стока, степень сохранности естественной растительности и т.д.) модули СВН изменяются от первых десятков т/км²-год до 5000–20000 т/км²-год;

Бразильское и Гвианское нагорья, Пампа с ландшафтами гилейных, сезонно-влажных лесов и саванн на севере до субтропических степей на юге: СВН – до 50–500 т/км²-год;

Амазонская низменность с характерным постепенным уменьшением интенсивности эрозии и стока наносов от склонов Анд к центру бассейна р. Амазонка – соответственно от 500 до 100–20 т/км²-год;

Полупустыни и степи Патагоний: СВН – первые десятки т/км²-год.

Программным изучением эрозии в Южной Америке начали заниматься серьезно лишь с конца 1950-х гг., когда ощутимо стали проявляться последствия вырубки лесов, нерациональных методов земледелия и перегрузки пастбищ. Это, прежде всего, относится к пространственному аспекту. Временной же аспект оставляет желать много большего. В силу объективных причин (недостаточный территориальный охват многолетними рядами наблюдений за СВН, их плохая информационная доступность и пр.) не было возможности детально установить тенденции изменения эрозии на континенте за минувшие полвека. Вместе с тем, наличие пусть и прерывистых рядов СВН по крупным рекам – Амазонке, Ориноко, Паране – все же позволило в самых общих чертах получить представления об этих тенденциях.

Бассейн р. Амазонка. Сток наносов в устье Амазонки, интегрально отражающий эрозионную ситуацию в ее бассейне, по определениям за последние 30–40 лет имел вполне выраженную тенденцию роста. По данным Р. Гиббса [2], в начале 1960-х гг.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке фонда УРФИ (проект № 015.08.01.07).

² Рассмотрение пространственной дифференциации темпов эрозии достаточно подробно приводится в работе [1].