УДК 502.52 (571.621)

РАЗРАБОТКА РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ – ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ В ДОЛИНАХ РЕК

© 2016 А.В. Аношкин
Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, г. Биробиджан

Статья поступила в редакцию 17.05.2016

На примере Амуро-Сутарского золотоносного района показано, что в результате отработки рассыпных месторождений золота происходит значительная трансформация долин рек в сторону их деградации. В зависимости от степени изменения гидрологических, морфологических и морфометрических показателей выделены четыре группы пойменно-русловых комплексов, характеризующиеся определенным экологическим состоянием.

Ключевые слова: *долина реки, пойменно-русловой комплекс, экологическая напряженность, россыпное месторождение*

Преобразование долин рек в результате хозяйственной деятельности проявляется либо опосредованно через трансформацию природных условий, в которых развивается вся гидрографическая сеть, либо непосредственно через изменение гидрологии, морфологии, морфометрии русла, поймы, водосборов. На сегодняшний день разработка россыпных месторождений полезных ископаемых в долинах рек является фактором, ведущим к значительной, а порой и полной деградации всего пойменно-руслового комплекса реки: растительности и почв, рельефа, геологического строения, грунтовых и подземных вод. Проблемы, связанные с восстановлением долин рек в результате отработки россыпных месторождений полезных ископаемых, характерны для многих горнодобывающих регионов России, США, Канады, Австралии. Так, многие реки, главным образом малые, Восточной и Западной Сибири сильно изменены разработкой месторождений в руслах рек и на дне долин. При разработке месторождений золота в Приохотье сильные преобразования испытывают русла и поймы рек. На значительном протяжении долин пойменно-русловые комплексы подвергаются полному уничтожению, замещаясь хаотическим нагромождением отвалов среди выемок и карьеров с исключительно сложной поверхностью [2, 3]. Помимо трансформации естественных форм руслового рельефа и пойменных массивов, при отработке россыпей в горнодобывающих районах США происходит значительное нарушение всей естественной среды долин рек с дальнейшей их деградацией [1].
Широкомасштабная добыча золота на водотоках речной системы Амуро-Сутарского золотоносного района, одного из старейших золотоносных районов Дальнего Востока, начатая с конца 19 века, в значительной степени определила современное экологическое состояние речных долин и, в частности, пойменно-русловых комплексов данной территории. Разработка россыпных месторождений золота в большей своей части проводилась и проводится в непосредственной близости и в самих руслах рек ручным, гидравлическим и дренажным способами. В пределах рассматриваемого района выделяется три генетические группы россыпей: россыпи пойм; россыпи 1-й надпойменной террасы; россыпи древней речной сети.

Первая группа наиболее распространена (около 90% всех россыпей) и вместе с тем является наиболее отработанной. Террасовые россыпи не пользуются широким распространением. Они представлены исключительно россыпями первых надпойменных террас и приурочены преимущественно к р. Сурата и ее притокам. Для россыпей древней речной сети характерно отсутствие прямой связи с современной речной сетью района.

Гидрографическая сеть рассматриваемой территории представлена в основном малыми реками длиной менее 10 километров каждая. Густота речной сети до 0,8 км/км^2. Речная сеть имеет древовидный рисунок, а в пределах отдельных массивов – радиально расходящийся. В связи с неравномерностью речного стока в течение года развитие флювиальных форм рельефа имеет выраженный сезонный характер. Активное развитие эрозионных процессов приходится на вторую половину теплого периода года. В это время здесь выпадает до 75-80% осадков в виде дождей повышенной интенсивности (ливни) или длительности (обложные дожди), которые обуславливают значительные, но относительно кратковременные подъемы воды. Горный характер территории и расчлененность рельефа усиливают интенсивность эрозионных процессов, идущих в этот период года. Вторая фаза водного режима рек, когда возможны значительные изменения рельефа пойменно-русловых комплексов, - это весеннее половодье.

Характерны крутосклонные (до 30^0) долины с V-образным профилем; пологосклонные (5-10^0) долины с V-образным поперечным профилем и плоским днищем; долины с U-образным поперечным профилем и плоским днищем; магистральные долины крупных рек, рассекающие горные массивы на отдельные участки. Крутосклонные долины имеют широкое распространение в пределах рассматриваемой горной страны и представляют собой самые верховья всех крупных рек и их основных притоков. Днище крутосклонных долин в среднем 5-8 метров, характеризуется наличием водотока, существующего в течение всего теплого периода года. Русла рек имеют симметричный вид, прямолинейные, неразветвленные, распределение глубин равномерное как в поперечном, так и продольном направлениях, каких-либо развитых форм руслового рельефа не отмечается. Четкой границы между урезом воды и днищем долины нет, выделяется зона переменного увлажнения, связанная с нестабильностью водного режима, как в течение теплого сезона года, так и нескольких суток. В руслах преобладают обломки размером до 0,2 метров эффузивного состава, в качестве заполнителя илистый материал с включением

Аношкин Андрей Васильевич, кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории региональной геоэкологии. E-mail: anoshkin_andrey@rambler.ru

мелкозернистого песка. Обломочный материал практически не окатан, какая-либо структура размещения отсутствует, в верховьях встречаются скопления крупных глыб, местами перекрывающие все русло.

Пологосклонные речные долины с V-образным поперечным профилем и плоским днищем также широко распространены в пределах Амуро-Сутарского золотоносного района. Днища пологосклонных долин плоские, местами заболоченные достигающие ширины 70 метров. Водотоки протекают по центру днища, ширина их достигает 2 и более м, продольное распределение глубин неравномерное, с амплитудой более полутора метра. Отдельные формы руслового и прируслового рельефа, как и в предыдущем случае, не наблюдаются. В руслах преобладают обломки эффузивного состава размером 0,2-0,3 м в диаметре, с плохо окатанными ребрами. Заполнитель – глинистый материал, редко мелкозернистый песок, встречаются линзы и прослои отмытого и сортированного песчано-гравийного материла.

Пойменные и террасовые образования, как и в предыдущем типе водотоков, не отмечаются.

Речные долины с U-образным поперечным профилем и плоским, заболоченным днищем имеют не очень широкое распространение на данной территории. Водотоки здесь обычно не превышают по ширине 2-3 м, характеризуются сильной извилистостью, пояс меандрировании достигает 60-70 м. Отмечается множество небольших ответвлений от основного русла, которые, соединяясь между собой, создают сплошную гидрографическую сетку на дне долины. Русла рек сложены грубозернистыми песками и обломками эффузивного состава с неокатанными ребрами. Определенной закономерности в размещении наносов в руслах не отмечается.

Долины магистрального типа в границах рассматриваемой территории рассекают горные массивы на отдельные участки, борта их в верхнем и среднем течении рек большей частью крутые, частично закурумлены, часто расчленены узкими, глубоко врезанными распадками. В местах впадения распадков хорошо выражены конусы выноса, сложенные грубообломочным материалом. В нижнем течении при выходе к крупным межгорным понижениям или окраинным частям Среднеамурской низменности крутизна бортов значительно понижается, днище резко расширяется. Ширина днищ долин колеблется от 150-250 м в верховьях до 0,6-1,2 км в средних и нижних течениях рек.

Водотоки, протекающие в пределах днищ данных долин, хорошо развиты. Большинство рек имеют русло, меандрирующее по плоскому днищу, выделяются системы плес-перекат, глубины достигают полутора метров. В верхнем и среднем течении рек русла выстланы грубообломочными щебнистыми отложениями, заполнителем служит грубозернистый песок полимиктового состава. В нижних течениях рек в строении русел отмечается галечная фракция (до 30%) I и II класса окатанности, скопления среднезернистого песка в виде отмелей у выпуклых берегов. В ряде случаев в руслах рек есть выходы трудноразмываемых массивов горных пород, которые образуют порожистые участки русла.

В большинстве долин магистрального типа четко выделяется уровень поймы, средняя ширина которой достигает 200 м. Уступ поймы обычно хорошо выражен. Сложены пойменные образования большей частью грубозернистыми песками полимиктового состава, щебнистым грубообломочным материалом, плохоокатанным и плохосортированным. В тыловой части поймы рек рассматриваемого типа иногда покрыты курумами. В некоторых долинах помимо пойменных образований отмечаются террасовидные поверхности. Данные формы представляют собой поверхности, наклоненные к руслу под углом 4-5^0. Сверху террасовидные поверхности перекрыты склоновыми отложениями, представленными преимущественно суглинистым материалом с большим количеством щебня и дресвы.

Таким образом, пойменно-русловые комплексы долин рек рассматриваемой территории представлены тремя типами:

1) пойменно-русловые комплексы однорукавных, относительно прямолинейных русел рек крутосклонных и пологосклонных V-образных долин с галечно-валунным дном с фрагментарными, не выдержанными по длине чередующимися прирусловыми образованиями пойменного типа;

2) пойменно-русловые комплексы меандрирующих, реже адаптированных русел рек магистральных горных долин с плоским днищем, с развитой двусторонней озерно-старичной поймой;

3) пойменно-русловые комплексы прямолинейных русел предгорий, с галечно-песчаным аллювием, с преобладанием болотистой поймы.

В результате отработки золотоносных россыпей в долинах рек естественный рельеф пойменно-русловых комплексов заменяется антропогенными формами: отвалами, выровненными площадками, отстойниками, водоотводными каналами, траншеями, эрозионными рытвинами. В зависимости от масштабов изменения и характера преобразования природной среды нами выделено 4 группы пойменно-русловых комплексов Амуро-Сутарского золотоносного района характеризующихся различным экологическим состоянием, – от естественного, без особой экологической напряженности, до кризисной экологической ситуации, когда антропогенные изменения носят необратимый характер.

1. Пойменно-русловые комплексы рек, развивающиеся в *естественном состоянии*. Наличие русловых и пойменных форм рельефа соответствует типам речных долин рассмотренных выше и развивающиеся в естественных природных условиях, водосборы практически не нарушены, хозяйственна деятельность либо полностью отсутствует, либо производится в минимальных масштабах. Долины рек, развивающиеся в естественных условиях, характеризуются относительно прямолинейными руслами, меандры выражены слабо и в большинстве случаев относятся к типу – сегментные кривые. Четких систем плесов и перекатов не формируется, в пределах крутых сегментных излучин отмечается у выпуклых берегов скопления песчаного материала в виде небольших отмелей, которые обычно неустойчивы во времени, распределение глубин относительно равномерное как по длине, так ширине водотоков. Русла имеют ящикообразную форму, с ровным дном и четко выраженными берегами, высотой в среднем до одного метра. Реки, в долине которых не проводились горные работы, имеют сплошную отмостку, состоящую из равномерно распределенного по дну руслового аллювия (табл. 1).

Для водотоков магистральных долин в естественных условиях характерны пойменные образования, протяженностью от десятка до 200 метров, с высотой над уровнем русла в среднем 0,5-1,2 м. Сложены поймы грубозернистыми песками (приходится до 40%), щебнистым материалом (до 30%), галькой I-II класса окатанности (до 20%), обычно задернованы, кочковатые, встречаются отдельные крупные валуны, возвышающиеся над общей поверхностью.

Таблица 1. Литология русел рек, развивающихся в естественных условиях (на примере рек Русская и Виктория)

Водоток	Характеристики руслообразующих наносов			
	Тип наносов	средний диаметр	процентное содержание	класс окатанности
р. Русская (среднее, нижнее течение)	валуны	более 50 см	5	неокатанные
	валуны	20-50 см	15	I, II класс
	галька	10-15 см	40	I, II класс
	галька	5-10 см	40	II, III класс
	гравий	10-5 мм	заполнитель	III класс
	песок		заполнитель	
р. Виктория (среднее течение)	валуны	более 50 см	5	неокатанные
	валуны	20-50 см	10	I класс
	галька	10-15 см	35	I, II класс
	галька	5-10 см	50	II, III класс
	гравий	10-5 мм	заполнитель	III класс
	песок		заполнитель	

2. Пойменно-русловые комплексы с признаками *экологической напряженности*. Масштабы изменения речных долин в данном случае по протяженности не превышают первых сотен метров, горные работы носят локальный характер – выработка отдельных ключей, небольших участков пойм. По своим характеристикам пойменно-русловые комплексы близки к долинам первой группы, развивающиеся в естественных природных условиях.

На водотоках первого-второго порядка в местах отработки небольших россыпей, протяженностью 100-200 м, русла представлены нехарактерными озеровидными, глубокими, относительно прямолинейными участками с берегами из валов вскрышных пород. Течение на данных участках рек практически отсутствует, в русловом аллювии преобладают песчаные и глинистые отложения. Отмечаются процессы заиления периферийных зон и эвтрофикация, растительность начинает распределяться по живому сечению русел. На более крупных водотоках, от третьего порядка и выше, подобные процессы наблюдаются в меньшей степени, связано это с большей водностью данных рек. Для пойменных массивов характерны локальные изменения, связанные со сведением лесов, прокладкой насыпных дорог, строительством полигонов для техники и оборудования. Экологическая напряженность на поймах в данном случае не обладает свойством саморазвития.

3. Пойменно-русловые комплексы, характеризующиеся *значительной экологической напряженностью* – протяженность преобразованных участков в результате горных работ достигает 6-7 километров, при средней длине водотоков на рассматриваемой территории не более 10 км. В результате отработки золотоносных россыпей естественный рельеф пойменно-русловых комплексов и долин рек полностью заменяется антропогенными формами: траншеями, эрозионными канавами, отвалами вскрышных пород, расположенными хаотически, насыпями с выровненными площадками, отстойниками и водоотводными каналами. Отвалы переработанных пород днища долин расположены вдоль русел рек или на не значительном удалении от них, часто являются непосредственно береговыми откосами водотоков и водоотводных каналов. Отвалы в границах пойменно-русловых комплексов не имеют четкой структуры расположения, это ведет как к вынужденным локальным изгибам русел рек, так и их коренной трансформации. Сложены отвалы средне- и крупнозернистыми песками, галечно-валунным материалом, суглинками. Днища долин заменяются полигонами отработанных русловых и пойменных отложений. Обычно они вытянуты по длине, при средней ширине до сотни метров протяженность их достигает нескольких километров. По периферии полигоны значительно изрезаны эрозионными рытвинами, которые имеют конусы выноса, сложенные плотным, тонкозернистым материалом. Здесь же отмечаются валы, сложенные вскрышными породами. По своему составу они торфяно-суглинистые с примесью мелкого и среднезернистого песка, имеют сглаженные очертания, после прекращения горных работ уже через 2-3 года значительно зарастают.

Значительно меняются морфологические и морфометрические характеристики русловых форм рельефа. Русла рек приобретают не характерные для водотоков данной территории извилистые формы с хорошо развитыми меандрами, которые по природе своей являются вынужденными, - речной поток огибает системы отвалов, локальные скопления вскрышных пород, выходы коренных пород. Для таких излучин, в отличие от естественных, характерна ассиметричность как продольного, так и поперечного профиля. Формируются хорошо выраженные глубокие плесы и мелководные перекаты с резким переходом от одной формы к другой. В периоды пониженной водности такое строение русел рек ведет к тому, что водоток представляет собой систему озеровидных расширений без единого течения воды. Горные работы по отработке россыпей ведут к смене типа руслового аллювия – формируется отмостка состоящая из крупно- среднеобломочного, плохоокатанного материала с присутствием гальки I-II класса окатанности (табл. 2).

В долинах рек после прекращения разработки россыпных месторождений в результате переработки бортов отвалов речным потоком при его боковом смещении формируются фрагментарные, не выдержанные по длине пойменные образования. Сложены они слабосортированным, неокатанным материалом различной крупности, имеют ровную с незначительным уклоном в сторону русла поверхность, граница с рекой четкая, местами осложнены осыпями и конусами выноса эрозионных борозд временных водотоков. Пойменные образования старше 5 лет (отсчет времени от момента прекращения горных работ) характеризуются накопление отдельных линз крупнозернистого песка на их поверхности. Процессы восстановления растительности на прирусловых территориях отмечаются по истечению десяти-пятнадцати лет после прекращения горных работ. Формируется лиственничный лес с примесью кедра, березы плосколистной с мохово-лишайниковым покровом.

Таблица 2. Литология русел рек, антропогенно преобразованных долин (на примере рек Переходная и Виктория)

Водоток	Характеристики руслообразующих наносов			
	Тип наносов	средний диаметр	процентное содержание	класс окатанности
р. Переходная (среднее, нижнее течение)	глыбы	более 1 м	до 5	неокатанные
	валуны	более 50 см	10	неокатанные
	валуны	20-50 см	15	неокатанные
	галька	10-15 см	35	I класс
	галька	5-10 см	20	I, II класс
	гравий	10-5 мм	10	I, II класс
	гравий	5-2 мм	5	I, II класс
р. Виктория (нижнее течение)	глыбы	более 1 м	до 5	неокатанные
	валуны	более 50 см	5	неокатанные
	валуны	20-50 см	10	неокатанные
	галька	10-15 см	20	I класс
	галька	5-10 см	35	I, II класс
	гравий	10-5 мм	15	I, II класс
	гравий	5-2 мм	10	I, II класс

4. Пойменно-русловые комплексы, находящиеся в *кризисном экологическом состоянии*. К данной категории относятся речные долины, где протяженность преобразованных участков пойменно-русловых комплексов в результате горных работ превышает 2/3 длины водотока. Для таких рек характерно все, что происходит на водотоках третье группы. Усиливаются процессы деградации русел рек – они перестают существовать как единая линейно вытянутая отрицательная форма рельефа. Пойменно-русловые комплексы заменяются системой небольших вытянутых водоемов расположенных между отвалами отработанных и вскрышных пород, имеющих овалообразную форму, которые соединяются в единый поток только в периоды повышенной водности (летне-осенние паводки). Полностью прекращается развитие русловых форм рельефа.

На водотоках, преобразованных горными работами более чем на 80% от их длины, формируется настолько крупная отмостка, что они теряются между глыб и валунов, и большую часть года русла рек не перекрыты водой. Восстановление и развитие каких-либо русловых и пойменных форм рельефа не происходит даже по истечению достаточно длительных периодов времени. В приустьевых участках рек, в результате отсутствия стабильного стока, активизируются процессы заиления русел, общего подтопления берегов и заболачивания прирусловых территорий. Происходит их эвтрофикация, по всему живому сечению идет накопление толщ илистых, а со временем, и илисто-органогенных осадков мощностью до 25 см.

Прирусловые территории и пойменные массивы характеризуются полной деградацией почвенного и растительного покрова. Представлены они слабосортированными толщами различного гранулометрического состава – от крупных валунов до глинистого материала. Характерны активные эрозионные процессы, связанные с размывом и удалением отложений отвалов образованных при отработке россыпей. В понижениях отмечается накопление тонкодисперсных отложений в виде суглинистых песков с разреженным травянистым покровом.

Выводы: разработка россыпных месторождений золота в пределах Амуро-Сутарского золотоносного района ведет к значительной трансформации как пойменно-русловых комплексов, так и долин рек в целом. Отмечается общая деградация водотоков, на которых проводятся горные работы, упрощение структуры пойменно-русловых комплексов как природного комплекса, прекращается развитие русловых форм микро-, мезо, макрорельефа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Восстановление и охрана малых рек: Теория и практика / пер. с англ. *А.Э. Габриэляна, Ю.А. Смирнова*, под ред. *К.К. Эдельштейна, М.И. Сахаровой*. – М.: Агропромиздат, 1989. 317 с.
2. *Ким, В.И.* Гидрологические и геоморфологические последствия разработки русловых месторождений Амура / *В.И. Ким, А.Н. Махинов* // География и природные ресурсы. 1997. №3. С. 75-82.
3. *Махинов, А.Н.* Особенности формирования русел и пойм на восстановленных участках рек в районах разработок россыпных месторождений в Приохотье / *А.Н. Махинов, А.Ф. Махинова* // Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей. – М.: ИВП РАН, 1999. С. 4-16.

DEVELOPMENT OF PLACER DEPOSITS EXPLOITATION – FACTOR OF ENVIRONMENTAL STRESS IN RIVER VALLEYS

© 2016 A.V. Anoshkin
Institute for Complex Analysis of Regional Problems FEB RAS, Birobidzhan

On the example of Amur-Sutar gold-bearing region it was shown that as a result of mining alluvial gold deposits there is a significant transformation of river valleys in the direction of their degradation. Depending on the extent of changes in hydrological, morphological and morphometric parameters identified four groups of floodplain-channel complexes, characterized by specific ecological conditions.

Key words: *valley, floodplain-channel landscape complex, environmental stress, placer deposit*

Andrey Anoshkin, Candidate of Geography, Research Fellow at the Regional Geoecology Laboratory. E-mail: anoshkin_andrey@rambler.ru