

*Н.И. Алексеевский, Б.Н. Власов, Ю.П. Дорониш,
А.Ю. Сидорчук, В.А. Царев*



ВЛИЯНИЕ ГОРНЫХ РАБОТ НА СТОК НАНОСОВ В БАССЕЙНАХ РЕК ОМОЛОЯ И ЯНЫ И НА ШЕЛЬФЕ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

Разнообразные гидрологические объекты, осуществляя функции накопления и транспортировки наносов, оказываются наиболее уязвимыми элементами природных ландшафтов в условиях нарастания масштабов хозяйственной деятельности в пределах речных водосборов, в частности, наращивание добычи полезных ископаемых и объемов открытых горных разработок ведет к повышению мутности речных вод и вод зоны шельфа. В районах Крайнего Севера, отличающихся большой неустойчивостью криолитогенных ландшафтов по отношению к внешним воздействиям, значительность этого фактора изменения мутности (вследствие проявления термоэрозии) многократно возрастает. Это требует разработки специальных средств учета роли ускоренной антропогенной эрозии в отношении трансформации стока наносов и обсуждения мероприятий, направленных на сохранение естественных (или близких к ним) условий функционирования природных комплексов.

Воды притоков Омолоя и нижней Яны в естественных условиях отличались малым содержанием взвеси. Правобережные притоки Омолоя и левобережные притоки Яны дренируют территорию, сложенную тонкопластинчатыми черными аргиллитами, и здесь мутность достигает $0,1 \text{ кг/м}^3$. Мутность левобережных притоков Омолоя составляет $0,05 \text{ кг/м}^3$, поскольку в их бассейнах распространены тонкозернистые песчаники. В период повышения стока концентрация взвешенных частиц увеличивалась не более чем в два раза и лишь в некоторых водотоках Приморской низменности она возрастала до $0,5-0,7 \text{ кг/м}^3$. Таким образом, мутность воды в различных элементах речной сети бассейнов Омолоя и низовьев Яны изменялась в узких пределах, что характерно для водосборов с относительно однородными условиями формирования стока наносов.

С середины 50-х годов нашего столетия в бассейнах рек Омолоя и Яны в большом объеме проводятся горные работы. Они сопровождаются нарушением естественного залегания и экспонированием на поверхности $4-5 \text{ млн м}^3/\text{год}$ мерзлых мелкозернистых горных пород (алевроитов и пелитов). Относительно пологие склоны и плоские днища долин, покрытые эрозионно устойчивым дерново-торфяным слоем, в результате эксплуатации открытых горных выработок оказались существенно деформированными. Создание в пределах разрабатываемых или заброшенных рудников насыпей, дамб обвалования, отстойников, руслоотводов, строительство дорог и поселков активизировало здесь все виды эрозии (плоскостную, овражную и русловую). В результате в речную сеть Омолоя и Яны стали поступать в большом количестве техногенные

наносы, искажая натурные условия формирования и продольной трансформации стока взвешенных частиц.

Руслоотводы используются для отвода воды из долины ручьев, в пределах которых проводятся горные работы. Место их производства обносится дамбой, а вода, используемая для гидромониторной промывки извлекаемых пород, сбрасывается в отстойники. Размыв берегов и ложа руслоотводов, если они сложены размываемыми грунтами, поставляет в поток значительное количество наносов. Это временный источник наносов – за 1–1,5 года параметры руслоотвода приобретают значения, которые типичны для ручьев в их естественном состоянии, и формирование состава транспортируемого материала вследствие русловой эрозии практически прекращается.

Отстойники поставляют в русла большое количество техногенных наносов в случае прорыва ограничивающих дамб во время выпадения интенсивных ливней и формирования паводочного стока. Возможны и специальные залповые сбросы воды из отстойников, когда концентрация в них взвешенных частиц превышает технологические возможности эксплуатации гидравлического оборудования. Так, спуск обширного отстойника на руч. Вера в 1987 г. обусловил формирование волны искусственного наводка с экстремально высоким насыщением вод тонкой взвесью. На протяжении десятков километров поймы ручья и галечные русловые формы повсеместно оказались перекрыты слоем отложений мощностью до 0,25 м.

Однако главными источниками техногенных наносов являются заброшенные месторождения с нерекультивированными ландшафтами. Потоки в руслоотводах постепенно подмывают дамбы обвалования, перемещаясь в пределы спущенных отстойников. В них поступает материал размыва склоновыми потоками разрушенных дамб и насыпей. С мерзлых стенок карьеров в водотоки вторгаются солифлюкционные шлейфы, выносы из термоэрозионных оврагов. Например, по длине руч. Киенг-Юрэх, пересекающего заброшенные рудники, мутность воды в межень увеличивается с 0,4 до 1,9 кг/м³, по длине руч. Урассаллаах – с 0,23 до 1,05 кг/м³, по длине руч. Вера – с 0,11 до 1,4 кг/м³. В пределах заброшенного месторождения Погребенное, где в карьер, сложенный сильнольдистыми мерзлыми грунтами, переместился руч. Суор-Уйаллах, мутность воды на спаде паводка достигала 23–26 кг/м³.

Накопление наносов на пойме в естественных условиях характеризовалось низкими темпами. Они заметно возросли после начала эксплуатации рудников. Пойменные отложения ряда притоков Омолоя, сформировавшиеся за период техногенного увеличения стока наносов, хорошо выделяются по более темному цвету из-за присутствия в них большого количества мелких неокисленных микрообломков черных сланцев, составляющих основу техногенных наносов. Например, половина метрового вертикального разреза поймы руч. Иэкийээс выше устья Кемтюлькена сложена темно-коричневыми "техногенными" отложениями. Они перекрывают более светлые, бурые суглинки, накапливающиеся на пойме до начала горных работ на водосборе ручья.

Областью аккумуляции избытка мелкофракционного материала могут быть побочни перекатов, сложенные в естественном состоянии щебнем и

галькой. На спаде паводка они образуют в потоке зоны подпора с большим градиентом давления между верховым и низовым откосами форм руслового рельефа. Насыщенные взвесью воды фильтруются сквозь галечно-щебнистые отложения, кольматируя пространство между крупными обломками горных пород. Интенсивное накопление тонких частиц происходит на поверхности побочной в понижениях вторичного рельефа. В зонах замедления скоростей течения на спаде паводка, сформировавшегося в бассейне руч. Изкийээс, накопление наносов на локальных участках поверхности побочной составило 25–30 см (при средней мощности отложений 2–3 см). В результате этого процесса доля тонких фракций в поверхностном слое побочной возросла до 20–25%, хотя до начала горных работ они практически отсутствовали в гранулометрическом составе русловых отложений.

В плесовых лощинах накопление техногенных наносов происходит в меженьный период вследствие замедления потока и уменьшения его транспортирующей способности. В период прохождения паводков плесы в основном промываются.

Для притоков Омолая, формирующих сток на нарушенных водосборах, характерна интенсивная аккумуляция тонких фракций в устьевых зонах пригоков в результате подпорного воздействия со стороны принимающего водотока. Характер возникающего в этой зоне процесса отражают данные наблюдений на участке слияния некоторых правобережных притоков Омолая. При пониженном стоке устьевой участок руч. Изкийээс находится в глубоком подпоре. На участке подпора мутность воды уменьшается с 0,3–0,4 до 0,06–0,07 кг/м³. В устье руч. Улахан-Юрюйэ меженьные уклоны составляли $2,3 \cdot 10^{-4}$, а для более крупного, смежного элемента русловой сети – $5,5 \cdot 10^{-3}$. В зоне подпора мутность воды снижалась с 2,0 до 0,3 кг/м³, т.е. почти в 7 раз. Наличие глубоких подпоров и интенсивной аккумуляции не означает систематического накопления здесь русловых отложений. В другие фазы водного режима подпор сменяется спадом и происходит размыв аккумулятивных образований. Так, на спаде паводка в устье руч. Изкийээс мутность воды возрастала с 1,7 до 2,3, а по длине устьевого участка руч. Улахан-Юрюйэ – с 1,1 до 3,0 кг/м³.

Значимость техногенных наносов, отлагающихся в руслах и на поймах ручьев, тем не менее пренебрежимо мала по сравнению с их выносом на расположенные ниже участки. Например, ниже устьевого створа руч. Изкийээс за 20 лет горных работ поступило около 13,3 млн т. На нарушенных водосборах модули стока наносов составляют 6–20 тыс. т/км², мутности достигают 2,0–3,5 кг/м³ в межень и 13–15 кг/м³ в паводки. Даже в устьевых створах относительно крупных притоков мутность воды в паводок составляет 2,4–5,3 кг/м³.

Информация о мутности воды на взморье, обусловленная твердым стоком рек Яны и Омолая, ввиду недостатка натуральных данных была получена путем расчетов с помощью уравнения переноса взвешенных частиц, включающего адвекцию частиц течениями, их гравитационное опускание, а также перераспределение частиц за счет вертикального и горизонтального турбулентного перемещения. Составляющие скоростей течений на взморье были предварительно рассчитаны. Расчетная область

включала Янский залив, залив Буор-Хая и часть моря Лаптевых до устья Лены. Расчеты концентраций взвешенных частиц выполнялись на период с июня по август 1985 г. Использовались натурные данные об естественном и техногенном поступлении наносов со стоком рек, а также данные о распределении частиц по крупности. Расчеты выполнялись численно на сетке с шагом $12,5 \times 12,5$ км. По расчетам наибольшая суммарная концентрация взвешенных частиц отмечается на взморье одновременно с максимальным их поступлением с речными водами. Максимальные суммарные концентрации вблизи Правой и Главной проток р. Яны в поверхностном слое при естественном твердом стоке составляют $0,05$ и $0,09$ $\text{кг}/\text{м}^3$ соответственно. Величина концентрации взвешенных частиц быстро убывает с удалением от места впадения рек. Так, уже для следующего расчетного узла в сторону залива суммарная концентрация взвешенных частиц убывает на порядок. Вертикальное распределение суммарной концентрации взвешенных частиц характеризуется ее увеличением ко дну.

Результаты аналогичных расчетов с учетом дополнительно техногенного выноса взвешенных частиц показали, что суммарная концентрация при этом увеличивается пропорционально увеличению общего выноса взвешенных частиц за счет техногенных факторов. Поступление техногенных наносов из р. Омолой при нулевом поступлении естественных наносов приводит к формированию в заливе Буор-Хая области с повышенной мутностью вод. Максимальное значение концентрации взвешенных частиц в этой области достигается в конце июля и составляет $0,1$ $\text{кг}/\text{м}^3$. Следует иметь в виду, что при численных расчетах полученные величины соответствуют концентрациям, осредненным в пределах ячейки расчетной сетки. В пределах этой области могут иметь место локальные участки с большими величинами концентраций.

Увеличение мутности ухудшает качество вод рек Омолоя и Яны, а также на их взморьях, изменяет потребительские свойства поверхностного стока, влияет на цветность и альбедо свободной поверхности. Заметно изменяются и условия развития всей водной экосистемы, которые зависят не только от концентрации взвешенных частиц, но и от растворенных веществ, микроэлементов, поступление которых также связано с ускоренной антропогенной эрозией в зонах расположения рудников и перемещением тонких фракций наносов.

Эти обстоятельства требуют проведения комплекса мероприятий, направленных на снижение уровня поступления техногенных наносов в речную сеть. Гидротехническая защита окружающей территории от загрязнения применяется и в настоящее время. В результате с поверхности некоторых месторождений поставляется в реки гораздо меньше смываемого материала по сравнению с месторождениями без инженерной защиты. Например, мутность вод в руч. Михаил-Юрэгэ ниже рудников на спаде паводка составляла $0,15$ $\text{кг}/\text{м}^3$ (при фоновой мутности на естественных водосборах $0,05$ – $0,06$ $\text{кг}/\text{м}^3$). В руч. Обрывистый и Урассалаах разница в концентрации взвешенных частиц выше ($0,2$ – $0,25$ $\text{кг}/\text{м}^3$) и ниже ($0,25$ – $0,30$ $\text{кг}/\text{м}^3$) разрабатываемых месторождений в межень оказалась незначительной. Для сравнения укажем, что мутность

вод ниже месторождения на руч. Эмись, на котором нет инженерной защиты, в межень достигает 10–20 кг/м³.

Инженерная защита не всегда обеспечивает сохранение малых значений мутности ниже отстойников, объем которых недостаточен для аккумуляции всего объема паводочного стока. Это может служить причиной их разрушения и экстремального повышения мутности вод. Поэтому повышение качества гидрологических расчетов, связанных с оценкой параметров отстойников, является средством снижения техногенного загрязнения водотоков. Одновременно необходимо проводить работы, направленные на стабилизацию руслоотводов в действующих и заброшенных рудниках, рекультивацию нарушенных ландшафтов и т.п.