



УСКОРЕННАЯ ЭРОЗИЯ В НАРУШЕННЫХ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ ЛАНДШАФТАХ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНОВ РЕК ОМОЛОЯ И ЯНЫ)

Антропогенная эрозия обычно связывается с сельскохозяйственным освоением земель. Это наиболее распространенный вид ускоренного ее проявления (до 400 т/га·год). С увеличением добычи полезных ископаемых и объемов открытых горных разработок все большее значение она приобретает на нарушенных в ходе горных работ ландшафтах. С вовлечением в зону освоения криолитогенных ландшафтов Крайнего Севера с повышенной неустойчивостью к внешним воздействиям интенсивность ускоренной эрозии многократно возрастает.

В области деятельности Куларского горнообогатительного комбината в долинах 16 ручьев ежегодно нарушается залегание и экспонируется на поверхности 4—5 млн м³ горных пород, в основном мерзлых, сильнольдистых, мелкодисперсных (алевритов и пелитов). Относительно пологие склоны и плоские днища долин, покрытые эрозионно устойчивым дерновоторфяным слоем, существенно деформированы открытыми горными выработками. В пределах месторождений (разрабатываемых или заброшенных) созданы комплексы сооружений: насыпи, дамбы, обвалования, отстойники, руслоотводы, дороги. Естественные ландшафты нарушены на территориях горных поселков, на дорогах, вездеходных тропах. Все эти производные деятельности человека являются объектами ускоренной эрозии и термоэрозии всех видов — плоскостной, овражной, русловой. В результате в гидрографическую сеть бассейнов рек Яны и Омоя и на шельф моря Лаптевых поступают техногенные наносы.

Изучение стока техногенных наносов проводится двумя взаимодополняющими методами: 1) дифференцированного исследования отдельных источников наносов; 2) интегральной оценки выноса наносов из замыкающих створов водотоков, расположенных ниже всех источников поступления техногенных наносов и их дальнейшей трансформации в гидрографической сети.

Большинство исследователей зоны деятельности Куларского ГОК работали в рамках первого метода. Исследования проблемной лаборатории эрозии почв и русловых процессов МГУ (1988 г.) позволили уточнить степень воздействия антропогенных факторов на формирование стока наносов.

В пределах разрабатываемых месторождений применяется, хотя и в недостаточных объемах, гидротехническая защита окружающей территории от загрязнения техногенными наносами. С территории разрабатываемого открытым способом месторождения, обычно расположенного в долине ручья, водотоки отводятся по руслоотводу; сама территория ограждается дамбой;

воды, используемые для гидромониторной промывки отложений с полезным компонентом, сбрасываются в отстойники. В результате эксплуатируемые месторождения в меньшей мере поставляют техногенные наносы в речную сеть. Так, мутность вод в ручье Михаил-Юрэг ниже эксплуатируемых месторождений (но выше устья ручья Раннего), составляла в конце спада паводка $0,15 \text{ кг/м}^3$ (при фоновой мутности вод на ненарушенных водосборах $0,05\text{—}0,06 \text{ кг/м}^3$). На ручьях Обрывистом и Урассалаах мутность вод в межень была $0,2\text{—}0,25 \text{ кг/м}^3$ выше разрабатываемых месторождений и $0,25\text{—}0,3 \text{ кг/м}^3$ ниже. Для сравнения, мутность вод ниже эксплуатируемого, но лишнего инженерной защиты месторождения на ручье Эмись (правый приток ручья Бургуатт), составляет в межень $10\text{—}20 \text{ кг/м}^3$.

Однако инженерная защита разрабатываемых месторождений не рассчитана на условия прохождения дождевых паводков. Отстойники не вмещают объем паводковых вод, вследствие чего происходят прорывы дамб обвалования. С откосов дамб смывается мелкий материал. В результате, например, мутность воды в ручье Михаил-Юрэг выше устья Раннего во время паводка составляла $1,2 \text{ кг/м}^3$ (при фоновой мутности $0,17 \text{ кг/м}^3$). Но в этих условиях на ручье Эмись мутность воды достигала 60 кг/м^3 .

Особо следует остановиться на наносообразующей роли руслоотводо и отстойников. Руслоотводы являются источниками значительного количества наносов, поступающих при размыве берегов и дна (если они сложены размываемыми грунтами). Однако это — временный источник наносов — за $1,0\text{—}1,5$ года русло руслоотвода обычно разрабатывается до размеров основного русла ручья, и поступление наносов за счет русловой эрозии практически прекращается.

Отстойники являются источниками наносов при прорыве дамб во время паводков. Однако практикуются и залповые сбросы из отстойников эксплуатируемых месторождений, когда мутность вод в них превышает технологические возможности гидравлического оборудования. Так, в 1987 г. был спущен обширный отстойник на ручье Вера. По руслу ручья прошла волна насыщенных тонкой взвесью вод, захлестнувшая пойму ручья. В результате на протяжении десятков километров пойма ручья и галечные русловые формы повсеместно перекрыты слоем техногенных наносов мощностью до 25 см.

Тем не менее главными источниками техногенных наносов являются заброшенные месторождения с нерекультивированными ландшафтами. Руслоотводы, превратившиеся в основные русла водотоков, подмывают дамбы обвалования и перемещаются на днища спущенных отстойников. Склоны разрушенных дамб и насыпей размываются склоновыми потоками. С мерзлых стенок карьеров в водотоки вторгаются солифлюкционные шлейфы, формируются термоэрозионные овраги. Так, по длине ручья Киенг-Юрэх в пределах заброшенных отвалов

мутность воды в межень увеличивается с 0,4 до 1,9 кг/м³, в ручье Урассалаах — с 0,23 до 1,05 кг/м³ на протяжении менее 1 км, в ручье Вера — с 0,11 до 1,4 кг/м³. На заброшенном месторождении «Погребенное», где в карьер в сильнольдистых мерзлых грунтах в настоящее время переместился основной водоток ручья Суор-Уйаллах, мутность воды после паводка составляет 23—26 кг/м³.

Обилие и разнообразие источников наносов, отсутствие режимных наблюдений на них (или невозможность постановки наблюдений из-за большой мобильности источника загрязнения) делают трудноосуществимой оценку выноса техногенных наносов с территории, охваченной горными работами, на основе дифференцированного исследования всех процессов загрязнения. Гораздо более продуктивна оценка интегрального выноса наносов из замыкающих створов водотоков, расположенных ниже всех источников техногенных наносов.

Методика интегральной оценки основывается на детальности проведения гидрологических наблюдений за стоком воды и наносов в замыкающих створах на конкретных объектах. На водотоках в бассейнах Омоля и Яны, в русло которых сбрасываются техногенные наносы с месторождений, разрабатываемых Куларским ГОКом, наблюдения за стоком воды осуществлялись экспедиционным методом в объемах, недостаточных для вычисления характеристик гидрологического режима. В то же время регулярно проводятся измерения мутности воды на каждом водотоке, загрязненном отходами горных работ, в створах выше и ниже их проведения. Эти измерения приурочены к периоду свободной воды и выполняются управлением ведомственного контроля 1 раз в 10 дней, Ленским бассейновым управлением охраны вод 1 раз в месяц и эпизодически в ходе работы экспедиционных исследований Институтом мерзлотоведения СО АН и МГУ. С величинами стока воды увязаны только данные измерений научных экспедиций. Поэтому оценку интегрального выноса техногенных наносов с месторождений Куларского ГОКа можно провести на основе рассчитанного стока воды и фактической ее мутности, увязанных с помощью опирающейся на эпизодические наблюдения связи стока воды и наносов.

Оценка стока воды на гидрологически неизученной территории Куларского ГОКа проведена на основе методов индикационной гидрологии. В качестве индикаторов водности рек выбраны мощность русловой сети — количество водотоков I порядка (Shreve, 1967), ширина и шаг излучин русла, площадь водосбора. Количество водотоков I порядка (мощность русловой сети N) подсчитывалось по данным о гидрологической изученности бассейнов Яны и Омоля для водосборов, в замыкающих створах которых ведутся наблюдения за стоком воды (табл. 1), и для водосборов, в замыкающих створах которых необходимо оценить сток воды. По тем же объектам измерялись площади водосбора, ширина и шаг излучин русла. Получены

Гидрологические характеристики водосборов-аналогов в бассейнах Яны и Омолой

Река — пункт	Площадь водосбора F , км ²	Мощность русловой сети N	Среднегодовой расход $\bar{Q}$, м ³ /с	n	c	Среднемаксимальный расход $\bar{Q}_{\max}$, м ³ /с	C_0	C_s
Яна — Верхоянск	45 300	5 312	149	0,79	0,031	1150	0,59	1,2
Яна — Югтях	47 900	—	137	0,74	0,034	—	—	—
Яна — Джанглы	216 000	33 265	921	0,81	0,047	7370	0,32	1,0
Яна — Юбилейная	224 000	34 113	935	—	—	—	—	—
Казачка — Казачье	1 010	101	5,11	—	—	—	—	—
Адыча — Лазо	28 700	9 482	163	—	—	—	—	—
Адыча — Усть-Чаркы	52 800	14 008	290	0,87	0,032	4290	0,46	0,9
Адыча — Ойун-Хомото	65 500	15 005	318	0,79	0,035	3910	0,50	1,3
Адыча — Урдюк-Кумах	89 600	17 971	486	0,90	0,032	4600	0,46	1,2
Дербек — 18 км от устья р. Некучан	6 540	—	19,5	0,69	0,030	242	0,70	1,6
Бургочан — 14 км от устья	117	—	0,61	0,59	0,022	—	—	—
Нэгэсэ — 3 км ниже устья р. Хатакчан	10 500	2 442	56,6	0,68	0,032	428	0,59	1,2
Прощальный	14,2	—	—	0,57	0,022	—	—	—
Чаркы — 3,5 км от устья	8 290	1 994	62,7	0,77	0,037	983	0,82	1,9
Гнус — 0,5 км от устья	22,6	5	0,062	0,67	0,024	1,56	0,68	1,4
Боруулаах — Томтор	7 570	671	13,5	0,75	0,024	222	0,90	2,0
Турагас — 12 км от устья	98,0	0,18	9	—	—	—	—	—
Бытангай — Асар	40 000	5 520	149	0,74	0,035	1480	0,48	1,0
Сартанг — Балы	16 700	230	51,2	0,75	0,030	561	0,61	1,2
Юнкюр — Юнкюр	63,1	4	0,033	—	—	—	—	—
Дулгаллах — Сюрен-Кель	400	60	3,7	0,81	0,027	66	0,74	1,5
Дулгаллах — Томтор	23 900	118	102	0,80	0,031	1030	0,70	1,4
Тинэгэ — Екючо	59,2	9	0,17	—	—	—	—	—
Аргаа-Биллэх — 45 от устья	560	—	—	0,65	0,020	13	1,13	2,5
Очигуй — Эсэлэх	44,8	—	0,064	0,63	0,019	—	—	—
Омолой — Намы	10 800	2 129	34,7	—	—	578	0,9	2,66

Гидрологические характеристики и сток техногенных наносов в замыкающих нарушенные водосборы
створах бассейнов Омолая и Яны

Водоток	F, км ²	$\bar{Q}$, м ³ /с	$\bar{Q}_{\text{макс}}$, м ³ /с	n	c	C _v	C _s	$\bar{\rho}$, кг/м ³	$\rho_{\text{макс}}$, кг/м ³	C _{up}	C _{sp}	Сток наносов		Модули стока наносов	
												WR, тыс. т	WR, 1985 г., тыс. т	$\bar{MR}$, т/км ²	$MR_{\text{макс}}$, т/км ²
Бассейн р. Яны:															
руч. Кюсэнтай	—	0,34	6,5	0,63	0,023	1,05	2,15	0,96	8,76	1,97	3,02	90	250	—	—
руч. Этинээх	—	0,31	6,0	0,60	0,21	1,20	2,35	0,37	2,75	1,58	3,26	30	80	—	—
руч. Мамонья	—	0,29	5,6	0,63	0,023	1,05	2,15	0,35	1,46	1,01	1,43	20	40	—	—
руч. Ильдикилээх	18,03	0,11	2,5	0,61	0,022	1,20	2,35	3,06	38,80	2,50	3,46	110	390	6010	21 310
руч. Суор-Уйааллах	113,8	0,88	15,5	0,63	0,023	1,05	2,15	1,38	28,41	3,37	5,32	790	1630	6940	14 320
Бассейн р. Омолой:															
р. Суордаах	—	1,30	22,0	0,66	0,026	0,88	2,00	0,96	8,80	2,00	3,00	70	920	—	—
р. Урасаалаах	—	0,86	15,0	0,65	0,024	0,92	2,05	0,61	5,90	1,56	4,41	140	350	—	—
руч. Обрывистый	—	1,05	18,0	0,65	0,022	0,90	2,00	0,19	0,96	1,28	2,21	5	10	—	—
руч. Михаил-Юргэ	106,8	0,41	7,6	0,63	0,023	1,05	1,20	0,81	4,63	1,30	2,31	45	160	420	1 500
руч. Ранний	60,0	0,23	4,5	0,62	0,022	1,10	2,20	3,08	14,82	1,49	1,56	40	95	670	1 580
руч. Кисенг-Юрэх	60,1	0,21	4,2	0,62	0,022	1,10	2,20	0,41	2,98	1,54	3,08	20	55	340	920
руч. Бургуатт	98,0	0,60	10,0	0,64	0,023	0,98	2,10	3,46	15,11	1,17	1,69	340	770	3470	7 860
руч. Иэкийэс	57,8	0,36	5,33	0,63	0,025	1,05	1,20	3,83	18,40	1,73	2,58	250	480	4320	8 300
руч. Улахан-Батор-Юрэх	—	0,20	4,0	0,62	0,022	1,10	2,20	0,42	1,92	1,37	1,74	20	50	—	—
руч. Мааркой	22,5	0,35	2,50	0,63	0,023	1,05	1,17	2,12	11,74	1,89	1,87	70	140	3110	6 220

связи среднегодового $\bar{Q}$ и среднемаксимального $\bar{Q}_{\text{макс}}$ расходов воды с мощностью русловой сети N :

$$\bar{Q}_{\text{макс}} = 0,33 N^{0,97}, \quad (1)$$

$$\bar{Q} = 0,013 N^{1,07}. \quad (2)$$

Показательна нелинейность этих зависимостей. Для среднегодового расхода воды фиксируется фиктивное увеличение стока воды в водотоке I порядка по мере увеличения общей мощности русловой сети. Это явление указывает на существенную роль подруслового стока воды в аллювиальных отложениях, который не оказывает воздействия на структуру русловой сети, но увеличивает водность водотоков высоких порядков. Фиктивное уменьшение максимальных расходов воды в водотоке I порядка по мере увеличения общей мощности системы объясняется аккумуляцией воды в емкостях поймы во время паводков.

Связи $\bar{Q}$ и $\bar{Q}_{\text{макс}}$ с шириной и шагом излучин русла уточняют связи (1) и (2). Для водотоков, дренирующих среднегорья Верхоянского хребта, связь водности реки с морфометрией русла соответствует связи со структурой гидросети. Однако для водотоков, дренирующих Приморскую низменность, сложенную мощной толщей льдонасыщенных суглинков, водность, рассчитанная по морфологии русла, втрое меньше водности, рассчитанной по структуре гидросети. Видимо, в условиях широкого развития термоэрозионных процессов густота русел I порядка резко возрастает. В табл. 2 рассчитанные данные для водотоков Приморской низменности приведены с поправкой на этот эффект.

Обеспеченность суточных расходов воды оценивалась с помощью двух зависимостей: 1) для обеспеченностей $>0,27\%$ кривой Гудрича

$$P = 1 - 10^{-c \left(\frac{Q_{\text{макс}} - Q}{Q - Q_{\text{мин}}} \right)^n},$$

рекомендованной В. А. Урываевым (1941) для характеристик внутригодового распределения расходов воды; 2) для обеспеченностей $<0,27\%$ трехпараметрической кривой Пирсона III типа

$$\frac{dP}{dx} = \frac{\gamma^{m+1}}{\Gamma(m+1)} \exp[-\gamma(Q - \bar{Q} + l)] (Q - \bar{Q} + l)^m, \quad (4)$$

рекомендованной С. И. Крицким и М. Ф. Менкелем (1950) для максимальных расходов воды. Здесь Q — расход воды обеспеченностью P ; $\bar{Q}$, $Q_{\text{макс}}$, $Q_{\text{мин}}$ — средний, максимальный и минимальный расход воды; $\gamma = 2/\sigma C_s$; $m = 4/C_s^2 - 1$; $l = 2\sigma/C_s$; σ — среднее квадратическое отклонение; Γ — гамма-функция.

Коэффициенты вариации C_v , асимметрии C_s , параметры кривой Гудрича c и n также определялись для бассейнов — аналогов на водосборах Яны и Омоя (см. табл. 1) и трансформиро-

вались для неизученных водосборов по зависимости с мощностью русловой сети и площадью водосбора.

Минимальный расход $Q_{\min}$, входящий в кривую Гудрича, принимался равным 0, так как все водотоки бассейна Яны и Омолоя зимой промерзают до дна.

Как уже отмечалось, изменчивость мутности воды в водотоках ниже зон размыва продуктов горных работ, оценивалась по материалам фактических наблюдений. При этом использовано трехпараметрическое γ -распределение; для построения кривой обеспеченности значений мутности воды для каждого контрольного створа рассчитаны значения средней мутности воды ρ , коэффициенты вариации C_{vp} и асимметрии C_{sp} .

Наиболее сложным, особенно в условиях малого количества наблюдений, является вопрос о соотношении расхода и мутности воды в водотоках. Данные экспедиционных исследований ИМ СО АН и МГУ показывают, что во время дождевых паводков могут быть два типа этого соотношения: 1) естественное — седиограф по форме соответствует гидрографу, но сдвинут на полфазы в отрицательном направлении — максимум мутности приходится на середину — конец ветви увеличения расходов воды. Связь мутности с расходом воды прямая, петлеобразная. Характерно для водотоков с ненарушенными водосборами, а также с относительно малонарушенными водосборами с максимумом эрозии склонов во время дождя. Для водотоков с сильнонарушенными водосборами наблюдается после нескольких мощных ливней; 2) антропогенное — форма седиографа не соответствует форме гидрографа. Максимумы мутности воды наблюдаются в период малого стока воды; во время паводков мутность воды резко уменьшается. Связь мутности с расходом воды в целом обратная. Характерно для водотоков с сильнонарушенными водосборами, где количество материала, поступающего со склонов в русла водотоков, примерно одинаково во времени и мало зависит от интенсивности осадков. Это наблюдается после длительного периода без дождей, когда мобилизация наносов происходит в основном солифлюкционными, оползневыми процессами при оттаивании мерзлого грунта.

Соотношение мутности и расходов воды «естественного» типа более характерно для водотоков в зоне деятельности Куларского ГОКа, поэтому при всех дальнейших расчетах для каждого водотока расходу воды данной обеспеченности ставится в соответствие значение равнообеспеченной мутности воды. Тогда сток наносов W_{Rj} в j -том створе рассчитывается по формуле

$$W_{Rj} = \sum_{i=1}^m Q_{ji} \rho_{ji} t_i. \quad (5)$$

Здесь Q_{ji} и ρ_{ji} — расход и мутность воды в j -том створе середины интервала i -той повторяемости; m — количество интервалов расходов; t_i — продолжительность прохождения расхода

i -той повторяемости. При расчете среднемноголетнего стока наносов $t_i = 31\,536\,000,0 P_{ji}$, где P_{ji} — повторяемость i -того расхода (мутности) воды по формулам (3) — (4). Результаты расчетов стока наносов в замыкающих створах ниже источников поступления техногенных наносов для водотоков зоны Куларского ГОКа как среднемноголетних, так и для конкретного многоводного 1985 г. сведены в табл. 2.

Экологическая обстановка, качество среды обитания в ненарушенных ландшафтах в областях производства горных работ во многом зависит от характера трансформации стока техногенных наносов ниже замыкающих нарушенные водосборы створов. Водотоки в зоне деятельности Куларского ГОКа характеризуются достаточно большой аккумулирующей способностью по отношению к техногенным наносам в русловом и пойменном аллювии и значительной транзитностью этих наносов. Аккумуляция техногенных наносов на пойме происходит в ходе процесса поймообразования (при отложении наилка на поверхности поймы). Этот процесс в водотоках, переносящих техногенные наносы, ускорен по отношению к естественному благодаря повышенной мутности паводковых вод. Пойменные отложения, сформировавшиеся в период стока техногенных наносов, хорошо выделяются по более темному цвету из-за присутствия в наилке большого количества мелких неокисленных микрообломков черных сланцев, составляющих на большинстве водотоков территории Куларского ГОКа основную долю техногенных наносов. Так, видимый трехметровый разрез поймы ручья Иэкийээс выше устья ручья Кемюлькэн, наполовину сложен техногенным темно-коричневым пойменным аллювием, перекрывающим более светлый, бурый суглинок, отложенный до начала горных работ на водосборе ручья.

Областью аккумуляции техногенных наносов являются сложенные галькой и щебнем побочни перекатов в руслах водотоков. На спаде паводка они образуют в потоке зоны подпора с большим градиентом давления между верховым и низовым откосами перекатной гряды. Мутные воды фильтруются сквозь галечно-щебнистые гряды, кольматируя пространство между крупными обломками. Интенсивное накопление техногенных тонких наносов происходит также на поверхности побочней в понижениях между вторичными грядами, и главным образом в нижней затонине с малыми скоростями течения. Здесь на спаде мощного паводка в ручье Иэкийээс аккумуляция техногенных наносов составляла 25—30 см при средней мощности наилка на побочне 2—3 см. В результате этих процессов доля тонких техногенных частиц в аллювиальном материале, слагающем побочни, составляет 20—25%. Анализ галечного материала, перекрытого пойменным аллювием до начала горных работ, показал практически полное отсутствие в нем тонкого наилка.

В плесовых ложинах накопление техногенных наносов происходит в меженьный период из-за малых скоростей течения. Во

время паводков плесы в основном промываются. Интенсивная аккумуляция тонких отложений происходит в устьевых частях водотоков при подпорах со стороны приемных водотоков. Так, в период межени устьевой участок ручья Иэкийээс был в глубоком подпоре со стороны р. Куччугуй-Кюйюллюр, мутность здесь уменьшается с 0,3—0,4 до 0,06—0,07 кг/м³ на участке длиной 2 км. В устье ручья Улахан-Юрюйэ при уклоне в межень $2,32 \cdot 10^{-4}$ принимающее его русло Суор-Уйаллах имело уклон $5,5 \cdot 10^{-3}$. В зоне подпора мутность воды уменьшалась от 2,0 до 0,3 кг/м³. Несмотря на глубину подпоров и интенсивность аккумуляции это — временное явление; в другие фазы гидрологического режима подпор сменяется спадом, и происходит размыв отложений. Так, на спаде паводка в устье ручья Иэкийээс мутность увеличивалась с 1,7 до 2,3 кг/м³, в устье ручья Улахан-Юрюйэ — с 1,1 до 3,0 кг/м³.

Несмотря на значимость для состояния среды обитания процессов аккумуляции тонких наносов, их морфологический и литологический эффект, доля отлагающих в руслах и на поймах ручьев техногенных наносов пренебрежимо мала по сравнению с их выносом. Так, ниже замыкающего нарушенный водосбор ручья Иэкийээс створа за 20 лет интенсивных горных работ было вынесено около 13,3 млн т техногенных наносов, а в русловом аллювии и на пойме отложилось ~20 тыс. т, т. е. менее 0,2%. В руслах водотоков происходит в основном транзит техногенных наносов.

В условиях преобладающего транзита наносов при суточном временном и 1—2-километровом пространственном осреднении процессов трансформации мутность воды в сложной русловой сети рассчитывается по модели смешения

$$\rho_c = \frac{\rho_1 Q_1 + \rho_2 Q_2}{Q_1 + Q_2} \quad (6)$$

последовательно для всех узлов слияния водотоков, где ρ_1 и ρ_2 , Q_1 и Q_2 — соответственно мутности и расходы воды в сливающихся водотоках, ρ_c — мутность воды после смешения вод. Для бассейна Омоля расчеты по формуле (6) проведены для естественного стока наносов, в меженные и паводочные периоды и для стока техногенных наносов.

В условиях ненарушенных водосборов в бассейне Омоля мутность вод была крайне низка. В период межени выше Суордаха она не превышала 0,15 кг/м³. В правых притоках, дренирующих территории, сложенные тонкопластинчатыми черными аргиллитами, мутность вод составляла около 0,1 кг/м³, в левых притоках, дренирующих территории, сложенные тонкозернистыми светло-коричневыми песчаниками, — не более 0,05 кг/м³. Во время паводков мутность воды увеличивалась не более чем вдвое; лишь в некоторых водотоках в пределах Приморской низменности достигала 0,5—0,7 кг/м³. В целом по водосбору

**Трансформация мутности воды в бассейне Омолой при учете
поступления техногенных наносов в речную сеть**

Участок реки	Среднегодовые		Среднемаксимальные		Приток
	значения				
	расход воды Q , м ³ /с	мутности ρ , кг/м ³	расходы воды Q_m , м ³ /с	мутности ρ_m , кг/м ³	
1	2	3	4	5	6

По длине Омолой

Омолой					
Выше Суордаха	45,0	0,1	580	0,3	Сосредоточенный приток (СП)
Ниже Суордаха	46,3	0,12	602	0,61	Суордах
Выше Веры	88,0	0,09	980	0,39	СП
Ниже Веры	88,1	0,09	982	0,41	Вера
Выше Урассалаха	88,1	0,09	982	0,41	—
Ниже Урассалаха	90,2	0,09	1016	0,50	Урассалах
Выше У. Кюйюллора	120	0,08	1300	0,40	СП
Ниже У. Кюйюллора	132,6	0,12	1464	0,63	У. Кюйюллятор
Выше У. Батор-Юрэха	138,7	0,12	1481	0,63	СП
Ниже У. Батор-Юрэха	139,6	0,12	1496	0,65	У. Батор-Юрэх.
В устье	143,4	0,12	1508	0,65	СП

По длине Урассалаха

Урассалах					
Выше Обрывистого	0,86	0,61	15,0	5,90	СП
Ниже Обрывистого	1,87	0,38	33,0	3,21	Обрывистый
В устье	2,10	0,23	33,0	3,21	СП

По длине Улахан-Кюйюллора

Улахан-Кюйюллятор					
Выше Михаил-Юрэгэ	5,4	0,10	74,5	0,15	СП
Ниже Михаил-Юрэгэ	6,3	0,25	89,5	1,25	Михаил-Юрэгэ
Выше Куччугуй-Кюйюллятор	8,8	0,21	110	1,05	СП
Ниже Куччугуй-Кюйюллятор	12,4	0,45	163	2,42	Куччугуй-Кюйюллятор
Устье	12,6	0,44	164	2,41	СП

По длине Михаил-Юрэгэ

Михаил-Юрэгэ					
Выше Раннего	0,41	0,81	7,6	4,63	СП
Ниже Раннего	0,64	1,63	12,1	8,42	Ранний
Устье	0,86	1,21	15,0	6,79	СП

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

По длине Куччугуй-Кюйюллюр

Куччугуй-Кюйюллюр					
Выше Киенг-Юрэха	0,94	0,10	16,5	0,20	СП
Ниже Киенг-Юрэха	1,15	0,16	20,7	0,76	Киенг-Юрэх
Выше Бургуатта	1,45	0,15	25,0	0,66	СП
Ниже Бургуатта	2,05	1,12	35,0	4,79	Бургуатт
Выше Иэкийээс	2,70	0,87	41,0	4,12	СП
Ниже Иэкийээс	3,2	1,17	49,2	5,63	Иэкийээс
Устье	3,62	1,03	52,7	5,26	СП

По длине Улахан-Батор-Юрэха

Улахан-Батор-Юрэха					
Выше Мааркой	0,5	0,17	8,0	0,77	СП
Ниже Мааркой	0,8	0,50	13,0	2,74	Маархой
Устье	0,9	0,44	15,0	2,37	СП

мутность воды водотоков изменялась незначительно. С помощью формулы (6) по данным табл. 2 и рассчитанного по формулам (1), (2) изменения стока воды в системе водотоков бассейна Омоля проведен расчет трансформации мутности воды для условий среднегодовых (меженных) и среднемаксимальных (паводочных) расходов и мутностей воды (табл. 3). Во время межени мутность воды в Омолое изменяется незначительно — в пределах 0,08—0,12 кг/м³. Во время паводка мутность увеличивается по длине реки от 0,3—0,4 до 0,65 кг/м³. Мутность воды в межень и в паводок не очень велика, не больше, чем в бассейне р. Яны выше нарушенных участков водосбора. Однако по сравнению с кристально чистыми водами Омолая и его левобережных притоков в естественном состоянии качество воды резко ухудшилось. Тем более что значительную долю техногенных наносов составляют мелкоалевритистые и глинистые частицы (табл. 4), долго не осаждающиеся, меняющие цветность вод Омолая.

Таблица 4

**Гранулометрический состав взвешенных техногенных наносов
в водотоках бассейна р. Омолая**

Диаметр, мм	1—0,5	0,5—0,25	0,25—0,1	0,1—0,05
Тип наносов	песок			алеврит
%	0,1	0,3	0,6	5,1

Диаметр, мм	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	0,001
Тип наносов	алеврит		глина	
%	55,8	11,2	12,8	14,0

В притоках Омооя, на водосборах которых непосредственно располагаются разрабатываемые и заброшенные месторождения, чистой воды недостаточно для разбавления насыщенных техногенными наносами вод. В устьях ручьев, где на нарушенных водосборах модули стока наносов составляют 6—20 тыс. т/км², мутности воды достигают 2,0—3,5 кг/м³ в межень и 13—15 кг/м³ в паводок. Даже в устьевых створах рек Суордах, Урассалаах, Куччугуй-Кюйгюллюр, Улахан-Кюйгюллюр мутность вод в паводок составляет 2,4—5,3 кг/м³, в меженный период разбавление также совершенно недостаточно.

Таким образом, в средний по водности год в устье р. Яны поступает 1,04 млн т техногенных наносов, образовавшихся вследствие экологически нерациональной эксплуатации месторождений Куларского ГОКа. В многоводные годы (например, в 1985 г.) этот вынос достигает 2,4 млн т, что составляет 25—50% естественного стока наносов со всего водосбора реки. В устье р. Омооя поступает соответственно 1,0 и 3,0 млн т техногенных наносов, что в 2—6 раз больше естественного стока наносов со всего водосбора Омооя. Средние модули стока техногенных наносов на нарушенных водосборах составляют 300—7000 т/км², а в многоводные годы достигают 21 000 т/км². Это превышает естественные темпы эрозии на самых эрозионно опасных территориях земного шара и на лёссовых равнинах Китая.

Ускоренная антропогенная эрозия при эксплуатации месторождений полезных ископаемых является следствием нарушений технологии горных работ, их слабой научной обоснованности, а часто и отсутствием экологической экспертизы проектов работ. Необходима разработка действенного контроля за эксплуатацией месторождений и экономических методов управления экологической обстановкой на них.

Литература

- Крицкий С. И., Менкель М. Ф. Гидрологические основы речной гидротехники. М.—Л., 1950. 390 с.
 Урываев В. А. Обеспеченность расходов в году рек европейской части СССР//Тр. НИУ ГУГМС. 1941. Сер. 4. Вып. 2. С. 15—37.
 Shreve R. L. Infinite topologically random channel networks. J. Geol., 1967. Vol. 75, N 2. P. 178—186.