Записки Ленинградского горного института имени Г.В.Плеханова.
Т. 129. Л., 1991

УДК 502.658

М.А.КОМИСАРЧИК

ТРАНСФОРМАЦИЯ СОСТАВА ПРИРОДНЫХ ВОД В ЗОНЕ ТЕХНОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА

Статья рассматривает ландшафтно-гидрогеохимические условия опытного полигона, расположенного в бассейне реки Натынки, левого притока реки Москвы, в зоне техногенного воздействия горно-химического завода. Рельеф полигона на 90 % является нарушенным, 860 га занимают объекты хвостового хозяйства, 150 га - рабочая траншея и рекультивированные отвалы карьеров. Естественный рельеф сохранился лишь на 500-метровой перемычке между хвостохранилищами и рабочей траншеей карьера. На западе изученной территории располагаются обогатительные фабрики, осуществляющие промывку руды и ее флотацию, в результате чего образуются минеральные отходы: эфеля и шламы, сбрасываемые вместе с отработанной водой в хвостохранилища. На севере опытного полигона находится производство кормовых обесфторенных фосфатов (ПКОФ), отходами которого служат сбрасываемые в хвостохранилища после сгущения шламы.

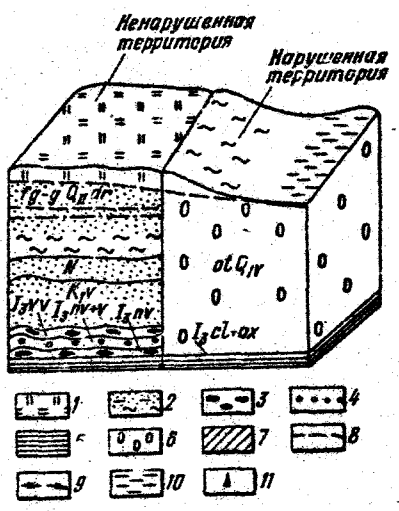


Рис.1. Схематический разрез сочленения нарушенных и ненарушенных земель
1-5 - ненарушенные отложения: почвенно-растительный покров (1), пески, супеси, суглинки (2), фосфорит (3), глауконитовые пески (4), глины (5); 6-7 - техногенные отложения: насыпных пород (6), намывных пород (7); 8 - уровень грунтовых вод; 9 - направление стока жидкой фазы минеральных отходов; 10 - заболачивание; 11 - пункты отбора проб

В геологическом строении опытного полигона принимают участие породы четвертичного, неогенового, мелового и юрского возраста.

Четвертичные отложения представлены техногенными образованиями - насыпными грунтами - на территории отвалов, насыпными и намывными грунтами - на территориях хвостохранилищ. Насыпные грунты представлены разнозернистыми песками и супесями с редкими прослоями суглинков и глин мощностью от 3 до 24 м (рис.1). Хвостохранилища располагаются на территории бывших отвалов, поэтому на этих участках отходы обогатительных фабрик намываются на насыпные грунты. Отложения намывных грунтов представлены мелко-

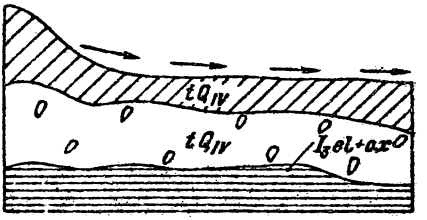


Рис.2. Схематический разрез хвостохранилища 6 (условные обозначения см. на рис.1)

зернистыми серыми кварцево-глауконитовыми глинистыми песками, местами сильно ожелезненными. Мощность намывных грунтов зависит от длительности намыва и составляет 1,5–20 м (рис.2). Техногенные отложения залегают на толще мощных (до 50 м) келловей-оксфордских глин, которые являются региональным водоупором для исследуемого района. В разрезе ненарушенной территории (см. рис.1) верхнеюрские глины перекрываются отложениями фосфоритной серии и вскрышными породами, представленными песчано-глинистыми отложениями мелового, неогенового и четвертичного возраста. На рассматриваемой территории выделяют два водоносных горизонта, расположенных выше регионального келловей-оксфордского водоупора: техногенных отложений на территориях отвалов и хвостохранилищ и надъюрский на ненарушенной территории.

Основные изменения ландшафтно-гидрогеохимических условий на изученной территории связаны с нарушением водно-солевого режима, вызванным смещением областей питания и разгрузки подземных вод (рис.3).

Основными причинами преобразования солевого баланса являются техногенно загрязненные воды: талые; дождевые; фильтрующиеся через ложе и дамбы хвостохранилищ, отстойников, накопителей; сбрасываемые по трубопроводам минеральные отходы обогатительных фабрик и ПКОФ; транспортируемые воздушным путем газообразные и твердые выбросы промышленных предприятий и транспорта.

Трансформация состава атмосферных вод. В зоне воздействия горно-химического завода, вследствие выброса в атмосферу фосфорной пыли, фтористого водорода, сернистого ангидрита, формируется атмохимический ореол загрязнения. Здесь происходит полное преобразование химического состава снеговых и дождевых вод. Так, минера-

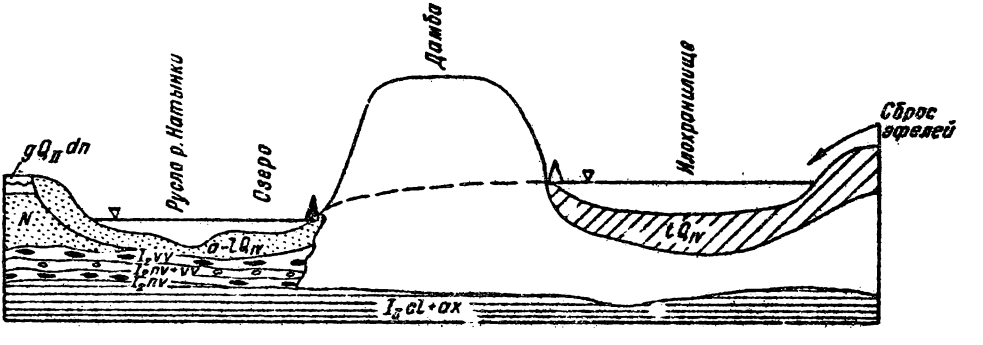


Рис.3. Схематический разрез вдоль р.Натынки (условные обозначения см. на рис.1)

лизация снега и дождя превышает фоновую в 3,1 и 7,7 раза соответственно, изменился состав атмосферных вод: гидрокарбонатные магниево-кальциевые воды сменились на хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатные магниево-кальциевые, в 7-18 раз возросла жесткость. Содержание фосфатов и фторидов в талых и дождевых водах в несколько раз превышают значения ПДК (см.таблицу). Причина таких превышений - растворение твердых частиц пыли атмосферными осадками. Проходя через кроны деревьев, атмосферные осадки обогащаются рядом компонентов: в 1,5-2,5 раза увеличиваются концентрации ионов Ca^{2+}, Na^{+}, Mg^{2+}. При просачивании атмосферных вод через почву происходит их дальнейшая трансформация, резко снижается pH (до 4-5), что вызвано растворением органического вещества и обогащением вод органическими кислотами. В почвенном покрове происходит поглощение 50-80 % P, K, Ca, C, N, S, F. Таким образом, опасаться попадания вредных веществ в грунтовые воды можно лишь на территориях, лишенных почвенного покрова.

Трансформация состава вод техногенных водоемов. Важным фактором преобразования ландшафта опытного полигона является поступление загрязняющих веществ на участках поверхностных хранилищ отходов и полей фильтрации. На заводе минеральные отходы в виде суспензии по трубопроводам сбрасываются в хвостохранилища, из которых суспензия самотеком проходит серию отстойников (см. рис.2), где постепенно твердая фаза оседает, образуя намывные грунты, а жидкая сбрасывается в накопитель оборотной воды, вода которого затем используется в технологическом процессе.

В местах разгрузки сточных вод в хвостохранилища при изменении внешних условий из суспензии осаждается коллоид $Fe(OH)_3$, который образует донный ил. Потери сточных вод из систем водооборота ежегодно составляют 3,5-4,0 млн.м^3.

При движении сточных вод через серию отстойников происходит преобразование состава, которое выражается в увеличении концентраций макрокомпонентов, фосфатов, фторидов (см. таблицу). Это объясняется тем, что в процессе движения суспензии происходит десорбция сульфатов с частиц минеральных отходов, а также растворение минеральных отходов водами. Аналогичные процессы происходят при фильтрации сточных вод и атмосферных осадков через толщи эфелей и шламов. Эти процессы изучались также лабораторными методами: фильтрацией воды через колонну, заполненную минеральными отходами. Лабораторные испытания показали, что при фильтрации вода растворяет породу и в раствор переходят макрокомпоненты: фосфаты, фториды. Присутствие значительных концентраций водорастворимых фосфатов в минеральных отходах позволяет говорить о вторичном использовании эфелей и шламов для обогащения почв фосфатами.

Трансформация подземных вод. Вследствие инфильтрации атмосферных и сточных вод через отвалы минеральных отходов образуются литохимические ареолы загрязнения.

Грунтовые воды водоносного горизонта техногенных отложений на участке водохранилища изучались путем отбора проб из шурфов в дамбе и дне

Средний химический состав атмосферных осадков, грунтовых и поверхностных вод района техногенного воздействия горно-химического завода и фоновых районов

Место отбора проб	Год отбора проб	Содержание компонентов, мг/л									
		pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Σ солей	P_2O_5	F
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Атмосферные осадки											
Горно-химический завод											
Снег	1988	8,2	20,0	4,9	2,6	27,5	12,3	39,8	107,1	5,1	3,0
Дождь	1988	6,4	12,0	1,6	1,1	12,2	3,6	31,2	61,7	7,0	0,9
Северо-запад Европейской части СССР (фон), дождь [5]	1978	8,0	0,6	0,2	0,6	1,0	0,7	5,1	8,0	3,0	Н.о
Московская область (фон), дождь [3]	1983	6,2	0,8	0,2	2,2	2,4	1,9	2,9	10,4	Н.о	Н.о
Бассейн р.Медвенки (фон), снег [4]	1974	Н.о	3,0	2,9	1,9	14,2	2,1	9,9	34,0	Отс	Н.о
Поверхностные воды											
Горно-химический завод											
Хвостохранилище № 4	1988	7,8	312	58	Н.о	293	71	826	1560	5,0	1,9
Накопитель оборотной воды	1988	8,0	331	61	Н.о	269	71	902	1633	10,0	3,7
Илохранилище	1988	7,8	350	65	Н.о	287	71	960	1733	2,9	2,6
Озеро	1988	7,6	345	62	Н.о	275	71	960	1713	2,7	1,1
Р.Натынка, 500 м ниже завода	1988	8,0	220	29	Н.о	171	178	518	1116	4,7	1,2
Хвостохранилище ПКОФ	1988	9,2	584	194	Н.о	1221	1115	1843	3980	9,6	9,5
Р.Натынка, 100 м до впадения в р.Нерскую	1988	7,8	168	13	Н.о	244	178	384	988	Отс	1,0
Р.Москва, г.Коломна (фон)	1978	7,4	30	12	61	182	49	74	345	Отс	Отс
Подземные воды											
Горно-химический завод											
Хвостохранилище № 4, водоносный горизонт техногенных отложений (намывные грунты)	1988	7,8	304	45	Н.о	293	71	851	1564	5,5	1,5

Окончание таблицы

Место отбора проб	Год отбора проб	Содержание компонентов, мг/л									
		pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Σ солей	P_2O_5	F
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Карьер № 7, водоносный горизонт техногенных отложений (насыпные грунты)	1988	4,0	20	2	Н.о	-	11	29	82	2,0	1,0
Колодец, 500 м от хвостохранилища ПКОФ Надъюрский водоносный горизонт	1988	7,0	244	40	Н.о	159	64	960	1467	1,2	0,9
Зона смешанных лесов (фон), грунтовые воды [5]	1978	6,9	19	6	16	87	9	24	163	Н.о	0,2
Бассейн р.Медвенки (фон), грунтовые воды [2]	1962	7,2	76	15	6	272	9	15	393	Н.о	Н.о

Примечание. Н.о - не определялось, Отс - отсутствует.

водохранилища в период остановки намыва. Их состав почти полностью повторяет состав сточных вод, но содержание сульфатов и фосфатов в них повышено за счет десорбции и растворения вмещающих пород (см. таблицу, рис.4).

Грунтовые воды водоносного горизонта техногенных отложений, представленных насыпными грунтами, изучались на карьерах № 7, 8, 9. На карьере № 7 для повышения плодородия на поверхность после технического этапа рекультивации наносят селективно отбираемый слой глауконитового песка, при фильтрации через который происходит хемотрансформация атмосферных осадков и формирование специфического состава грунтовых вод (см. таблицу), которые становятся маломинерализованными хлоридно-сульфатными кальциевыми с высоким содержанием фосфатов, что объясняется растворением фосфорита, содержащегося в глауконитовом песке. Низкие значения pH связаны с гидролизом пирита:

$$4FeS_2 + 14HOH \rightarrow 4\underline{Fe(OH)_3} + 8H_2S + O_2 ;$$

$$H_2S + O_2 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}.$$

В слое глауконитовых песков образуются бурые желваки лимонита.

Карьерные воды образуются в результате разгрузки подземных и атмосферных вод в карьер и имеют хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатный состав и минерализацию 0,2-0,3 мг/л; их отрицательное влияние при сбросе в поверхностные водотоки выражается в заболачивании последних.

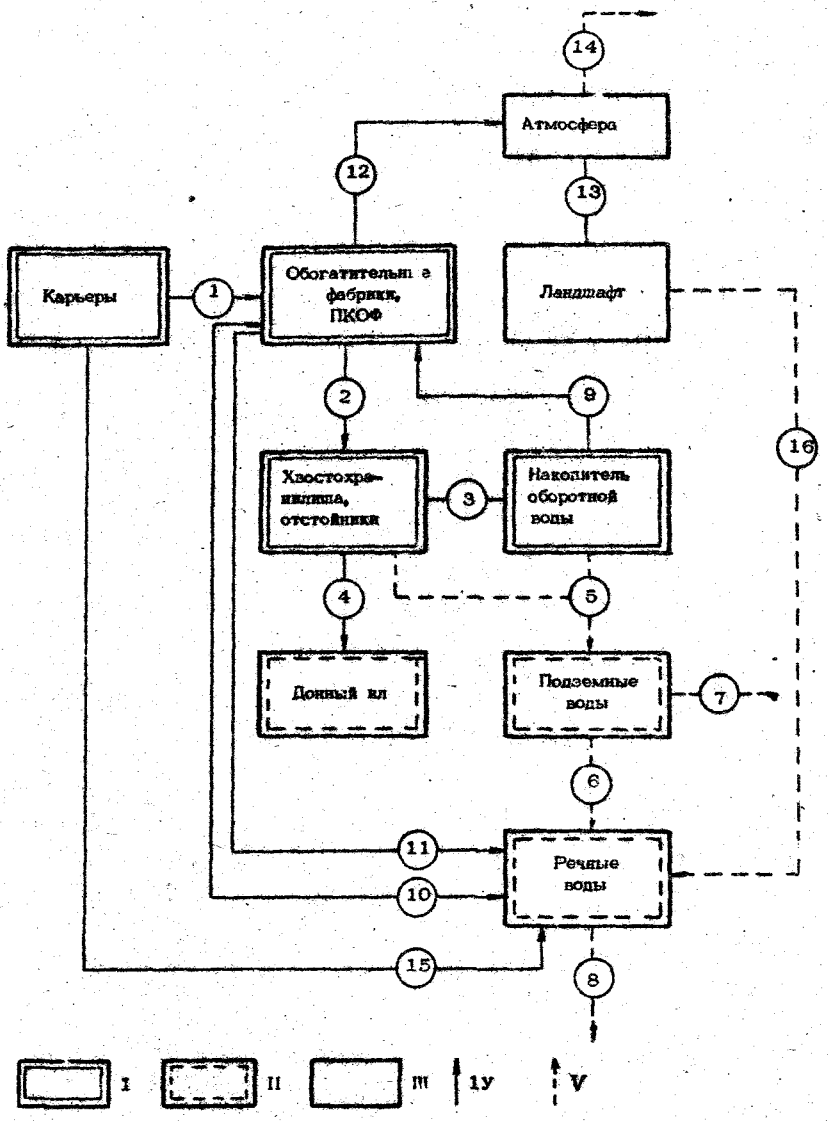


Рис. 4. Схема миграции вещества в техногенном ландшафте горно-химического завода [1]
I–III – элементарные геосистемы: I – техногенные (технологические), II – природно-техногенные, III – природные; IУ–У – процессы миграции: IУ – технологические, У – природно-техногенные и природные; 1 – поступление фосфатной руды на обогатительные фабрики; 2 – сброс минеральных отходов в хвостохранилища, прохождение их через серии отстойников; 3 – сток сточных вод в накопитель оборотной воды; 4 – осаждение из сточных вод коллоида $Fe(OH)_3$; 5 – фильтрация сточных вод в подземные воды; 6 – фильтрация загрязненных подземных вод в реку; 7 – региональная фильтрация загрязненных подземных вод; 8 – сток техногенного вещества с речными водами; 9 – возврат оборотных вод на обогатительные фабрики; 10 – забор предприятием речных вод; 11 – сброс загрязненных вод в реку; 12 – выброс вещества в атмосферу в виде газов и аэрозолей; 13 – выпадение техногенного вещества из атмосферы; 14 – дальняя воздушная миграция техногенного вещества; 15 – сброс карьерных вод в реку; 16 – поверхностный сток техногенного вещества с загрязненного ландшафта

Преобразование ландшафта возникает и на ряде карьеров после рекультивации. Дело в том, что в процессе разработки месторождения абсолютные отметки территории понижаются на высоту отрабатываемого пласта фосфорита и при высоких абсолютных отметках уровня грунтовых вод это ведет к заболачиванию участка (см. рис.I). Так, на рекультивированной территории карьера № 9 образовалось техногенное озеро с глубиной до 2 м и диаметром 450-500 м.

Состав вод надъюрского водоносного горизонта также меняется: от сульфатно-гидрокарбонатного кальциевого до хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатного кальциевого. Это происходит вследствие утечек из хвостохранилищ. Пробы из надъюрского водоносного горизонта были отобраны из колодца, расположенного в 500 м от хвостохранилища ПКОФ. Они являются солоноватыми, с повышенным, по сравнению с фоновым, содержанием фосфатов и высокой жесткостью (*см. таблицу, рис.4*).

Трансформация состава поверхностных вод. Вследствие фильтрации подземных вод через дамбы хвостохранилищ, расположенных на берегу реки Натынки и серии естественных озер, происходят гидро- и хемотрансформации, приводящие к заболачиванию берегов реки на протяжении I,5 км и преобразованию химического состава природных вод водоемов и водотоков (см. рис.3). Так, илохранилище, в которое сбрасываются отходы и сточные воды флотационного обогащения отделено от озера, через которое проходит русло реки Натынки, I0-метровой песчаной дамбой, сквозь которую фильтруются сточные воды (см.таблицу, рис.3). При проведении инженерно-экологического опробования, были отобраны пробы с обеих сторон дамбы: со стороны илохранилища и со стороны озера. Анализ показал, что при фильтрации более чем в 2 раза уменьшается лишь содержание фторидов, которые, мигрируя в виде комплексных соединений типа CaF_2^0, при фильтрации выпадают в осадок. Остальные компоненты не претерпевают изменений при фильтрации через дамбу.

Таким образом, техногенный ландшафт опытного полигона испытывает трансформацию сульфатно-гидрокарбонатных вод поверхностных водоемов и водотоков в гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные воды. Основные признаки трансформации природных водоемов и водотоков следующие:

I) значительное, свыше ПДК, повышение общей жесткости;

2) обогащение хлоридами и сульфатами;

3) увеличение в I0-20 раз по сравнению с фоновыми содержаниями концентраций фосфатов;

4) незначительное повышение содержания фторидов.

В 8 км от завода, ниже по течению, река Натынка впадает в реку Нерская. Во время инженерно-экологического опробования были отобраны пробы воды реки Натынки на всем ее протяжении, от истока до устья. Выяснилось, что на протяжении 8 км река загрязнена и обратной трансформации состава речных вод не происходит. Содержание ионов Ca^{2+} и SO_4^{2-}, а также фосфатов уменьшается вследствие выпадения в качестве донных илов плохо растворимых соединений $CaSO_4$, $Ca_3(PO_4)_2$.

Фосфаты также хорошо поглощаются из воды водной флорой. Тем не менее содержание хлор-иона, имеющего очень высокую миграционную способность

на протяжении 8 км остается постоянным. Таким образом, в зоне воздействия горно-химического завода формируется водно-химический поток загрязнения.

Выводы

В результате техногенного воздействия горно-химического завода на изученной территории формируются атмо-, водно-, литохимические ареалы и потоки загрязнения, природный ландшафт полностью трансформируется в техногенный.

Снижение негативных последствий может быть достигнуто реализацией следующих природоохранных мероприятий:

1) утилизацией минеральных отходов;

2) совершенствованием водооборотной системы водоснабжения, снижением утечек;

3) утилизацией карьерных вод для технического и хозяйственно-питьевого водоснабжения, так как они соответствуют ГОСТу 2874-82 „Вода питьевая";

4) созданием защитных дамб из глинистых пород и синтетических материалов;

5) тщательной изоляцией дна хвостохранилищ и отстойников;

6) рекультивацией отработанных хвостохранилищ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галицын М.С., Озерский А.Ю., Петрова Р.Г., Гамалей Ю.Б. Прогноз изменений гидрогеологических условий Канско-Ачинского бассейна под влиянием объектов КАТЭКа // Советская геология. 1988. № 6. С. 108-116.

2. Зверев В.П. К вопросу о роли химического состава атмосферных осадков в формировании грунтовых вод бассейна р. Медвенки // Труды лаборатории гидрогеологических проблем имени Ф.П.Саваренского. 1962. № 14. С. 62-66.

3. Колодяжная А.А. Режим химического состава атмосферных осадков и их метаморфизация в зоне аэрации. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 167 с.

4. Миграция химических элементов в подземных водах СССР (закономерности и количественная оценка) / Отв. ред. А.В.Щербаков. М.: Наука, 1974. 283 с.

Шварцев С.П. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М.: Недра, 1978. 287 с.