

Е.П. ЯНИН

**ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ
И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ТЕХНОГЕННЫХ ИЛОВ
РЕКИ НУРЫ**

МОСКВА - 2004

УДК 550.4+551.4+556.536

Янин Е.П. Химический состав и минералогические особенности техногенных илов реки Нуры. – М.: ИМГРЭ, 2004. – 22 с.

Приведены результаты изучения химического состава, гранулометрических и минералогических особенностей техногенных илов реки Нуры (Центральный Казахстан).

Табл. 5; рис. 6; список лит. – 15 назв.

© Янин Е.П., 2004

Введение

В настоящее время в руслах рек промышленно-урбанизированных районов широко распространен новый тип современных речных отложений – техногенные илы, которые обладают своеобразными литолого-геохимическими свойствами, резко отличающих их от естественного руслового аллювия, типичного для фоновых участков речной сети. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что материальной основой илов являются техногенные наносы, поступающие в водотоки с промышленными и бытовыми сточными водами и с загрязненным промышленными выбросами и отходами поверхностным стоком с освоенных территорий [10, 12, 13].

Техногенные илы являются концентраторами основной массы загрязняющих водотоки веществ и в существенной мере определяют эколого-геохимические особенности речных экосистем в освоенных районах. Отсюда следует, что оценка экологического состояния рек и разработка мероприятий по их очистке должны проводиться с учетом масштабов распространения в речных руслах техногенных илов, их вещественного состава, геохимических свойств и токсикологической опасности. Петрохимический состав, минералогические особенности и гранулометрические характеристики техногенных аллювиальных отложений, в существенной мере контролирующей интенсивность концентрирования в илах различных органических и неорганических поллютантов, установлены недостаточно полно.

С этих позиций особый интерес представляет материал, полученный при изучении вещественного состава русловых отложений в бассейне р. Нуры (Центральный Казахстан), где техногенные илы характеризуются широкомасштабным распространением, очень высокими содержаниями ртути и в значительной степени определяют сложившуюся здесь экстремальную экологическую ситуацию [6-9, 11, 14].

Район и методика работ

Нура – крупнейшая река Сарыарки (Казахского мелкосопочника) – впадает в систему Тенгиз-Кургальджинских озер, где находится Кургальджинский заповедник, который Международной конвенцией по охране мест гнездовий водоплавающих птиц внесен в список водно-болотных угодий международного значения по категории «А». Нормальное функционирование заповедника зависит от поступления воды по Нуре (рис. 1). Нура входит

в сложную водохозяйственную систему Центр. Казахстана, основным стержнем которой является действующий с 1974 г. канал Иртыш-Караганда – уникальное инженерно-техническое сооружение. Достаточно сказать, что последняя, 22-я насосная станция, подает воду (в лучшие годы до 1 км³/год) на самую высокую точку трассы, где уровень воды в канале превышает уровень Иртыша на 418 м. Далее вода уже самотеком поступает к насосной станции Караганда-Темиртауского водопровода, а определенная часть ее сбрасывается по Нуре в Самаркандское водохранилище. В последние годы в связи с общим экономическим спадом в эксплуатации канала возникли трудности (недостаточное снабжение его технических систем электроэнергией), что привело к уменьшению водообильности Нуры и заметному снижению уровня воды в русле. Еще один канал – Нура-Ишим (построенный в 1974 г.) – должен был обеспечить подачу воды в районы г. Целинограда (Акмолы, Астаны). Сейчас, насколько известно, он из-за недостатка воды и значительного загрязнения Нуры практически не функционирует.

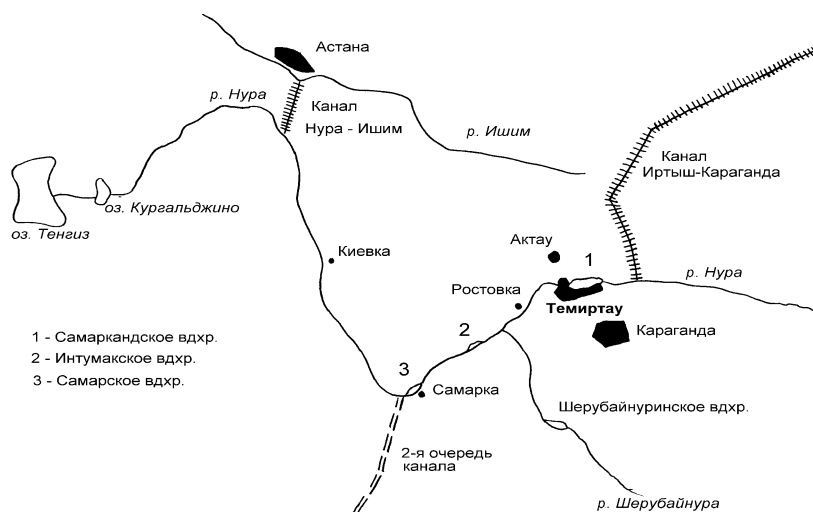


Рис. 1. Обзорная схема бассейна р. Нуры (Центральный Казахстан).

На р. Нура создано два крупных водохранилища: Самаркандское (в районе Темиртау) и Интумакское (60-70 км ниже по течению), имеется Самарский гидроузел (110 км ниже Темиртау). Вода из Нуры и созданных на ней водохранилищ длительное время использовалась (и продолжает использоваться) для орошения расположенных в долине, осо-

бенно на пойме, сельскохозяйственных угодий, приусадебных участков, дачных поселков. Некоторые сельские поселения снабжаются водой из грунтовых горизонтов, приуроченных к аллювиальным отложениям. Река и водохранилища используются для любительского и (в последние годы) коммерческого лова рыбы.

В 1986 г. началось (давно запланированное) строительство 2-й очереди канала Иртыш-Караганда - от р. Нуры и далее в районы Джезказгана (канал Караганда-Джезказган). В соответствии с проектом участка русла Нуры, протяженностью примерно 110 км (от Темиртау до Самарки), предполагалось использовать в качестве естественной трассы, связывающей оба канала. Но именно этот участок реки отличается чрезвычайно интенсивным уровнем техногенного загрязнения ртутью, которая длительное время и в значительных количествах (до 60-70 т в год) использовалась на заводе «Карбид» при производстве ацетальдегида [6-9]. Грубые оценки показывают, что за все время функционирования ацетальдегидного производства в конечном счете до 500 т ртути поступило в составе сточных вод в р. Нуры, около 150 т ртути эмитировало в атмосферу (особенно при термической регенерации ртутьсодержащего шлама, который с 1977 г. стал отправляться на вторичную переработку на Никитовский ртутный комбинат), порядка 250 т аккумуляровано в шламах полей усреднения (на очистных сооружениях), до 100-150 т (возможно, больше) находится в шламохранилищах «Карбида» (болото Жаур и др.), в осадках сточных вод осталось до 300 т ртути (судьба большей части этой ртути неизвестна). В сумме это дает не менее 1300 т общих безвозвратных потерь ртути. Необходимо отметить, что по официальным сведениям администрации завода «Карбид», к 1986 г. общие технологические потери ртути на предприятии составили порядка 1200 т. В производстве карбида кальция на заводе «Карбид» использовался известняк Южно-Топарского рудоуправления и ПО «Карагандацемент», кокс с КМК.

В р. Нуру, кроме того, поступали сточные воды крупного металлургического комбината (КМК) и КарГРЭС-1 (работающей на угле), расположенных в г. Темиртау. В свое время в реку даже осуществлялся прямой сброс шламовых вод указанной ГРЭС, содержащих до 2500 мг/л взвешенных веществ (по сути, угольной золы, объемы эмиссии которой в водоток оцениваются в нескольких миллионов тонн); известны многочисленные аварийные сбросы отходов с золоотвалов, шламохранилищ и с очистных сооружений города.

В 1986-1988 гг. и в 1997-1998 гг. на реке Нуре в зоне влияния г. Темиртау были изучены техногенные илы, эпифитовзвесь и различные разновидности промышленных отходов, являющиеся материальной основой техногенных илов, интенсивно развитых в русле р. Нуры. От-

бор и первичная обработка проб эпифитовзвеси, техногенных илов и промышленных отходов осуществлялись в соответствии с методическими приемами, изложенными в [2, 8, 10, 11].

Определение минерального состава отложений проводилось на автоматизированном дифрактометрическом комплексе (ДРОН-3.0); полуколичественная оценка весового содержания минералов выполнена дифракционно-адсорбционным методом по результатам измерения интенсивности в максимуме аналитического пика минералов в пробе и соответствующего эталона с учетом коэффициентов массового поглощения пробы, рассчитанных по данным силикатного анализа и коэффициента поглощения эталонного минерала. Гранулометрический анализ и определение компонентов петрохимического состава отложений (классический силикатный анализ) осуществлялись по стандартным методикам. Ртуть определялась методом холодного пара; прочие химические элементы – эмиссионным спектральным методом.

Пространственное распределение илов и уровни концентрирования в них ртути

Фоновые участки русла р. Нуры, расположенные в ее верховьях, высланы типичным русловым аллювием, представляющим собой преимущественно различные разновидности песков в основном кварцевого состава, которые в большинстве случаев отличаются содержаниями химических элементов, в том числе ртути, близкими к кларку. Ниже г. Темиртау русло реки в значительной степени, особенно на первых 25-30 км, сложено техногенными илами, мощность которых достигает 1-2 м, иногда 3-3,5 м (рис. 2, 3).

Техногенные илы представляют собой темно-серые или черные с прослоями пепельного цвета отложения, сверху мягкие (нередко в виде своеобразной насыщенной суспензии), книзу более плотные, пластичные, с резким неприятным запахом (химическим, иногда фиксируется характерный слабый запах сероводорода), маслянистые, жирные на ощупь, при их взмучивании всплывают обильные нефтеподобные пятна и выделяется значительное количество газов. Нередко в толще илов встречаются прослой серого или черного песка. Илы пачкаются и при длительном контакте оказывают раздражающее воздействие на кожу рук и разъедающее действие на резину (на экспедиционную лодку).

По мере удаления от города илы встречаются в виде пятен и линзообразных скоплений вблизи берегов, на отмелях, в затонах и затонах, в протоках. Свободные от техногенного ила участки речного русла

высланы песчано-гравийно-галечным материалом и разнозернистыми песками. Нередко в этих отложениях в качестве своеобразного наполнителя присутствуют частицы техногенного ила. В отдельных случаях илы могут образовывать значительные скопления даже на значительном удалении от города (в 80-100 км), а иногда полностью перекрывать слоем мощностью 40-50 см русло реки, например, в протоках, функционирующих в периоды половодий и паводков.

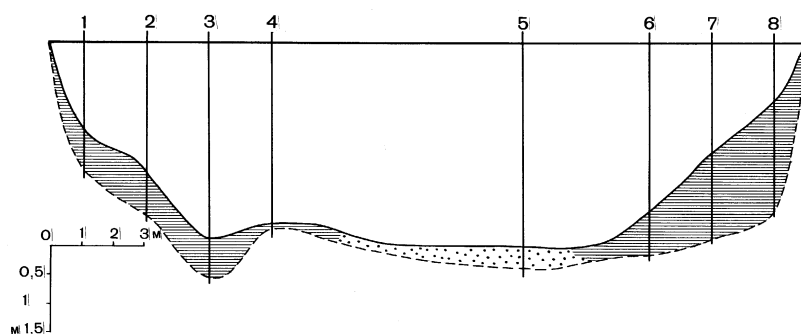


Рис. 2. Поперечный профиль через русло р. Нуры (1,1 км ниже Главной канавы стоков, по которой осуществлялся сброс сточных вод; темной штриховкой показаны техногенные илы; точки – грубозернистые пески с галькой и гравием и вкраплениями частиц техногенного ила; 1-8 - вертикали опробования).

Ориентировочные расчеты показали, что на участке реки Нуры (протяженностью 100 км) ниже города Темиртау объем техногенных илов составляет около 1,3 млн. м³, из этого количества примерно 340 тыс. м³ приходится на первые 9-10 км русла [6, 8, 10].

Практически весь изученный отрезок реки характеризуется интенсивными техногенными геохимическими аномалиями ртути, фиксируемых донными отложениями и особенно техногенными илами (рис. 4). Аномалии ртути стабильны по протяженности, площади русла и в толще илов. Концентрации ртути в илах ближней к городу зоны нередко достигают 0,3% (при фоновом уровне в типичном русловом аллювии в 0,044 мг/кг). В толще илов распределение ртути довольно разнообразное, что является отражением динамических условий аллювиальной обстановки техногенного осадконакопления.

В целом в пределах изученного участка русла общее количество ртути, концентрирующейся в основном в техногенных илах, по результатам работ 1986-88 гг. ориентировочно оценивается в 140-150 т, при этом большая часть металла была связано с илами, выстилающими русло на первых 30 км ниже города.

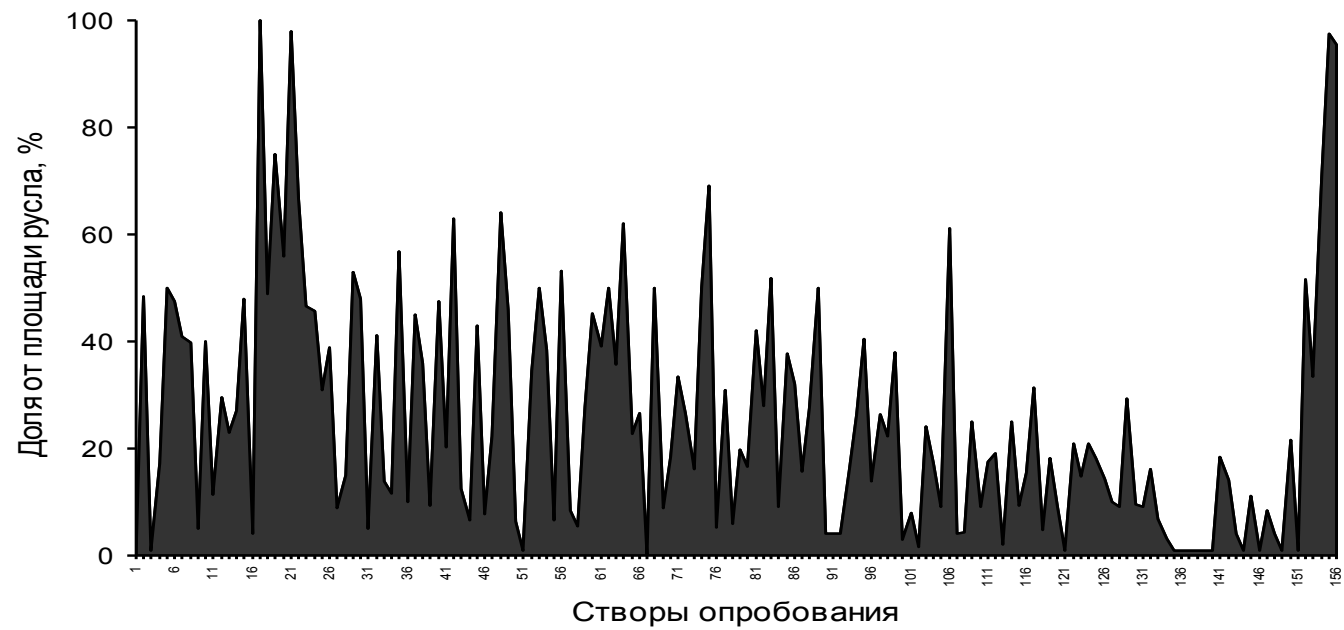


Рис. 3. Распределение техногенных илов по площади русла р. Нуры (створ 1 – окраина г. Темиртау; шаг опробования: створы № 2-100 – через 250 м; далее – через 1 км; протяженность изученного участка русла – около 80 км; съемка 1997 г.).

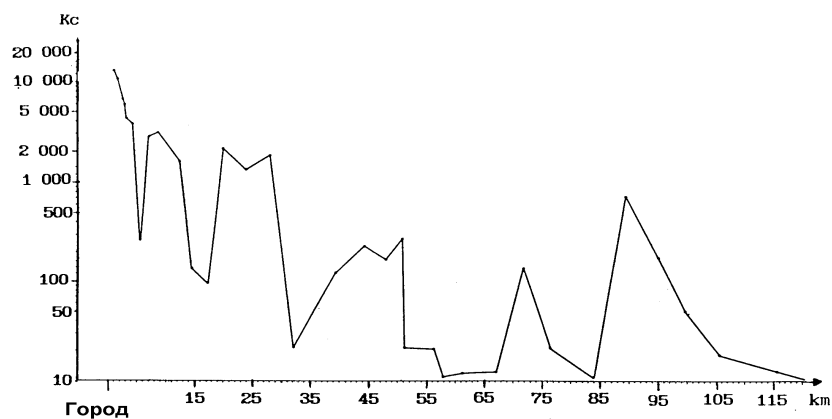


Рис. 4. Ртуть в донных отложениях р. Нуры (Kc – здесь и далее коэффициент концентрации ртути относительно фона; фоновое содержание ртути в русловых отложениях Нуры составляет 0,044 мг/кг; приведены средние по каждому створу опробования содержания, 1986 г.) [8].

Следует особо отметить, что в связи с резким уменьшением водности Нуры (из-за существенного уменьшения подачи воды по каналу Джезказган-Караганда в середине 1990-х гг.) резко снизился уровень воды в реке и уменьшились многие другие морфометрические характеристики русла. Это привело к тому, что значительная часть техногенных илов, основная масса которых аккумулировалась у берегов, оказалась на дневной поверхности (рис. 5).

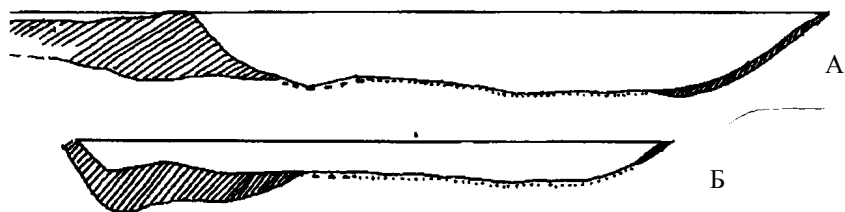


Рис. 5. Поперечные профили через русло р. Нуры (створ 0,5 км ниже Главной канавы стоков): А – съемка 1986 г., Б – съемка 1997 г.; темным цветом показаны техногенные илы. Масштаб изображения для А и Б – одинаковый.

Как правило, максимальные мощности (по вертикали) и наибольшие объемы таких отложений (назовем их прирусловыми техногенными илами) встречаются на удалении (по латерали) от современного уреза воды в 1-3 м, в основном в пределах низкой пойменной терра-

сы, которая несколько лет назад являлась частью русла. Распределение ртути в прирусловых техногенных илах (по результатам опробования 1997 г.) показано на рис. 6. Общая масса ртути, аккумулированная в прирусловых илах, оценивается примерно в 70 т.

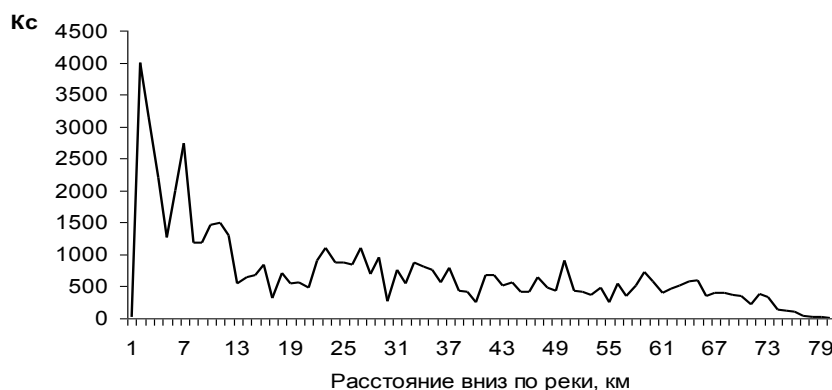


Рис. 6. Интенсивность концентрирования ртути в прирусловых техногенных илах р. Нуры в зоне влияния г. Темиртау.

Определенную разновидность указанных илов составляют техногенные отложения, развитые в бортах и понижениях надпойменной террасы, в сухих старицах, в затонах и затонинах, на островах и прирусловых отмелях и т. п. Русло Нуры отличается развитием побочной, кос, осередков, обуславливающих формирование русловой многоруканности. Наличие прибрежных отмелей (побочной) определяет развитие затонин (тупиковых частей плесовых лощин), а развитие русловой многоруканности (проток и рукавов) - затонов (незанесенная отложениями часть протока), отличающихся более спокойным водным режимом и аккумулирующих илы. Развитию затонин и т. п. способствовало резкое снижение уровня воды в реке в последние несколько лет. По результатам исследований 1997-1998 гг. масса ртути, аккумулированная в илах, приуроченных к указанным формам флювиального рельефа, составляет около 4 т (на участке русла протяженностью примерно в 70 км ниже г. Темиртау).

Гранулометрический состав илов

Гранулометрический анализ русловых отложений в пределах фоновых участков р. Нуры показал резкое преобладание в них крупного

(около 57%) и среднего (около 30%) песка; достаточно велика также доля грубозернистого песка (до 7%). Количество более тонких частиц (алеврита и глины) незначительна (табл. 1).

По сравнению с фоновым аллювием в техногенных илах резко преобладают тонкие частицы. Так, заметно увеличена доля глинистых частиц (до 10-20%), а также мелкого и тонкого песка и алеврита (см. табл. 1). Какой-либо направленной тенденции в вертикальном распределении различных гранулометрических фракций не фиксируется. Обычно наблюдается их «пилообразное» распределение, обуславливающее чередование слоев техногенных илов обогащенных либо тонкими, либо более грубыми фракциями. Наиболее резко указанная неоднородность распределения проявлена обычно для более подвижных алевритовых и глинистых частиц.

По мере удаления от основного источника загрязнения отмечается, во-первых, общее снижение содержания более тонких фракций (алеврита и глины), во-вторых, обогащение нижних слоев илов (в сравнении с верхними) песчаными частицами и обеднение глинистыми и алевритовыми частицами. Это указывает на существование определенной дифференциации мигрирующего в реке материала и на протекание процессов его переотложения, которые более активно вовлекают в русловой перенос тонкие фракции наносов.

Химический состав техногенных илов

Фоновый аллювий характеризуется преобладанием кремнезема и невысоким содержанием органических веществ; его состав стабилен в пространстве. В техногенных илах доля кремнезема существенно снижается (до 40-50%), возрастают содержания других компонентов, стабильно присутствуют высокие концентрации серы; резко увеличивается содержание органических веществ (табл. 2-4).

В общем случае морфологическое и химическое своеобразие техногенных илов выдерживается на значительных расстояниях. Даже на удалении в 100 км от города состав илов практически идентичен составу илов вблизи источника загрязнения. Явные различия закономерно проявляются в увеличении количества кремнезема и в снижении содержания глинозема, оксидов кальция, органического вещества, концентраций ртути.

Химический состав (при определенной вариации) техногенных илов в нижней части их толщи несколько отличается от состава верхних слоев, что является следствием их преобразования при консолидации и изменения различными диагенетическими процессами. В частности,

Таблица 1. Гранулометрический состав донных отложений р. Нуры, % [8]

Горизонт, см	Фракция, мм						
	Песок					Алеврит	Глина
	грубозернистый	крупный	средний	мелкий	тонкий		
2 - 1	1 – 0,5	0,5 – 0,25	0,25 – 0,1	0,1-0,063	0,063-0,04	< 0,04	
3 км ниже Главной канавы стоков							
0-20	2,7	3,1	54,5	7,8	16,1	3,8	12,0
20-40	2,6	3,1	3,7	5,2	12,7	50,8	21,9
40-60	2,5	3,0	56,7	7,9	15,9	3,9	10,0
60-80	0,7	0,7	17,0	19,0	21,0	15,0	26,6
80-100	2,0	3,0	13,0	39,0	1,0	22,0	20,0
100-120	0,7	0,7	28,7	3,3	50,0	3,3	13,3
120-140	5,7	3,0	3,5	13,2	6,8	49,9	17,9
9 км ниже Главной канавы стоков							
40-60	1,3	3,4	27,2	31,5	8,4	5,3	22,9
80-100	0,3	8,0	27,0	31,4	12,1	5,1	16,1
120-140	0,6	22,0	24,8	32,6	12,1	1,4	6,5
32 км ниже Главной канавы стоков							
20-40	0,6	9,3	31,6	32,7	8,2	5,4	12,2
105 км ниже Главной канавы стоков							
20-40	0,1	2,2	31,0	30,1	8,8	5,2	22,6
90-120	0,3	27,4	36,9	25,9	2,1	0,8	6,7
Фоновый аллювий (верховья реки Нуры)							
0-30	6,6	57,4	30,2	1,9	0,5	0,3	3,1

несколько увеличиваются содержания кремнезема, соединений железа, марганца, магния, натрия, фосфора; уменьшаются количества серы, фтора, органических веществ (показателя потерь при прокаливании), кальция (табл. 4).

Таблица 2. Петрохимический состав техногенных илов и природного аллювия р. Нуры в зоне влияния г. Темиртау (слой 0-30 см), %

Компонент	Фоновый аллювий	Техногенные илы ниже сброса стоков, км			
		4,4	9	44,5	105
SiO ₂	74,90	42,37	50,46	50,5	57,6
TiO ₂	0,24	0,80	0,75	0,68	0,58
Al ₂ O ₃	11,66	17,26	16,96	12,95	11,12
Fe ₂ O ₃	1,28	1,41	1,27	3,04	2,4
FeO	1,41	3,45	4,31	2,16	2,87
MnO	0,06	0,09	0,09	0,38	0,21
CaO	1,35	10,51	4,48	5,92	3,84
MgO	0,62	0,70	1,30	1,9	1,9
Na ₂ O	2,94	0,50	1,0	1,0	1,35
K ₂ O	3,36	1,00	1,9	2,05	2,1
P ₂ O ₅	0,07	0,34	0,27	0,29	0,13
H ₂ O	0,26	0,68	1,68	4,04	2,42
ППП *	1,73	19,60	14,39	14,94	12,65
S _{общая}	< 0,1	0,54	0,83	0,81	0,23
CO ₂	0,13	6,38	1,98	4,4	1,54
F	0,02	0,05	0,025	0,05	0,03
Hg, мг/кг	0,044	200	200	10	1,2

* Потери при прокаливании.

По сравнению с фоновым русловым аллювием техногенные илы заметно обогащены не только ртутью, но и другими химическими элементами, особенно в ближней к г. Темиртау зоне. Здесь в илах в повышенных концентрациях присутствуют литий, титан, ванадий, кобальт, молибден, висмут (Кс относительно фона находится в пределах 1,5-2, иногда больше), барий (1,5-3), медь (2-3), цинк и олово (2-5), стронций и свинец (5-10), вольфрам (10-15), мышьяк и серебро (3-30). Как правило, наиболее высокие концентрации элементов типичны для средней (по вертикали) части техногенных илов, хотя очень часто в их распределении в толще илов четкой закономерности не прослеживается.

В местах своего максимального накопления техногенные илы обладают определенной стратификацией.

Таблица 3. Химический состав донных отложений р. Нуры, %.

Компо- нент	12,5 км ниже Главной канавы стоков					24 км ниже Главной канавы стоков			100 км ниже	Фоновый аллювий	
	Ил					Гравий	Песок	Ил	Гравий		Темиртау, ил
	Глубина русла реки, м										
	0,5	0,7	2,4	4,5	5	0,6	1,56	1,8	0,5		
SiO ₂	57,60	50,50	64,80	52,23	84,22	76,45	60,66	82,29	57,60	74,90	
TiO ₂	0,69	0,75	0,59	0,75	0,17	0,33	0,68	0,21	0,58	0,24	
Al ₂ O ₃	13,95	14,82	11,99	15,37	7,09	9,46	14,11	8,13	11,12	11,66	
Fe ₂ O ₃	2,95	2,65	2,55	3,33	0,80	0,74	1,35	0,87	2,40	1,28	
FeO	1,44	2,87	2,44	2,73	1,72	2,44	3,74	1,29	2,87	1,41	
MnO	0,10	0,11	0,09	0,10	0,04	0,05	0,09	0,03	0,21	0,06	
CaO	2,90	4,32	2,40	3,68	0,60	1,48	3,26	1,04	3,84	1,35	
MgO	1,60	1,80	1,80	2,60	0,15	1,00	1,20	0,60	1,90	0,62	
Na ₂ O	1,35	1,00	1,65	1,10	1,85	1,70	1,40	1,60	1,35	2,94	
K ₂ O	2,05	1,80	2,20	2,10	2,10	2,30	2,10	2,10	2,10	3,36	
P ₂ O ₅	0,23	0,26	0,15	0,24	0,05	0,08	0,16	0,06	0,16	0,07	
H ₂ O	2,38	3,10	1,32	2,64	0,16	0,44	1,78	0,12	2,42	0,26	
S	0,27	0,61	0,50	0,68	< 0,10	0,27	0,62	0,27	0,23	<0,10	
ППП	12,48	15,25	7,92	12,07	1,11	3,16	9,17	1,39	12,65	1,73	
CO ₂	1,54	1,98	1,10	1,98	< 0,22	0,44	1,32	<0,22	1,54	<0,22	
Фтор	0,04	0,04	0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02	0,03	0,018	
Hg, мг/кг	20	100	15	200	1,5	4	85	0,5	1,5	0,044	

Примечание. Ил – типичный техногенный ил; гравий – песчано-гравийно-галечная масса с илистым наполнителем; песок – разномерный песок с илистым наполнителем; приведены данные по верхнему слою отложений (0-30 см).

Таблица 4. Валовый химический состав донных отложений реки Нуры, %.

Слой, см	Тип	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	S	ППП	CO ₂
1,4 км ниже Главной канавы стоков																
0-30	1	26,11	0,50	10,29	1,17	2,01	0,08	29,01	0,50	0,40	0,50	0,38	0,62	0,23	28,52	18,70
30-60	1	41,52	0,77	15,44	2,51	2,73	0,11	12,73	1,30	0,60	1,00	0,50	1,18	0,41	18,73	7,70
60-90	1	40,66	0,73	14,94	1,29	4,31	0,13	11,99	1,40	0,60	1,00	0,61	1,56	0,78	20,17	8,14
90-120	1	31,68	0,56	13,19	2,67	1,00	0,16	20,82	4,50	0,65	1,40	0,47	1,46	0,30	20,92	13,86
120-150	1	38,54	0,74	16,35	2,34	2,73	0,15	13,98	4,20	0,70	1,40	0,56	1,34	0,32	17,00	9,02
150-180	1	41,50	0,81	20,38	2,58	1,87	0,15	11,70	4,30	0,75	1,90	0,60	0,78	0,15	11,91	6,60
180-210	1	45,80	0,83	20,71	2,51	2,73	0,13	9,60	3,00	0,75	1,95	0,68	0,74	0,11	10,21	4,40
210-240	1	39,69	0,76	18,42	3,00	1,72	0,16	11,55	6,40	0,70	1,70	0,58	1,40	0,14	13,39	7,04
240-260	1	41,95	0,69	13,95	3,26	2,87	0,14	11,84	2,30	0,85	1,55	0,52	2,06	0,43	17,13	6,60
260-270	2	75,51	0,23	8,19	0,85	1,44	0,05	3,36	1,40	1,65	2,20	0,12	0,32	<0,10	4,02	1,76
12,5 км ниже Главной канавы стоков																
0-60	1	53,64	0,85	19,08	3,81	3,16	0,10	2,40	1,00	0,90	1,59	0,27	0,86	0,35	11,82	0,66
60-120	1	48,96	0,91	22,24	2,59	2,16	0,09	3,04	1,80	0,70	1,45	0,31	0,68	0,29	14,50	1,10
120-180	1	49,66	0,84	21,80	4,68	1,44	0,10	3,04	1,60	0,85	1,60	0,33	1,28	0,10	12,84	1,10
180-185	1	51,15	0,82	19,08	5,61	0,72	0,11	3,36	1,30	0,95	1,70	0,28	1,26	0,44	13,47	1,54
185-240	1	49,68	0,82	19,51	5,74	0,72	0,10	3,04	1,50	0,90	1,65	0,30	1,06	0,35	14,21	1,32
100 км ниже Главной канавы стоков																
0-20	1	57,60	0,58	11,12	2,40	2,87	0,21	3,84	1,90	1,35	2,10	0,16	2,42	0,23	12,65	1,54
20-40	1	63,00	0,46	10,14	1,34	3,94	0,17	3,36	1,70	1,40	2,25	0,12	1,48	0,99	10,07	1,98
40-60	1	61,27	0,54	10,68	2,95	1,44	0,21	4,16	1,00	1,30	2,35	0,13	2,38	0,87	10,70	2,20
60-90	1	66,25	0,45	10,14	2,06	2,01	0,14	3,20	1,50	1,50	2,20	0,12	1,12	0,64	8,80	1,54
90-120	2	83,35	0,20	7,30	0,52	1,44	0,05	0,60	0,15	1,60	2,20	0,06	0,22	0,17	2,06	0,22
Фоновый аллювий (верховья реки Нуры)																
0-30	4	74,90	0,24	11,66	1,28	1,41	0,06	1,35	0,62	2,94	3,36	0,07	0,26	<0,10	1,73	<0,22

Примечание: Тип отложений: 1 – техногенный ил; 2 – песок разнозернистый; 4 – песчано-гравийная масса; 4 – фоновый аллювий.

Верхний слой илов (~0-30 см) чаще всего представляет собой хлопьеобразную суспензию (насыщенный коллоидный раствор, гидрозоль), иногда жидкотекучую массу органоминерального состава, смесь осевших из воды минеральных и органических взвешенно-коллоидных частиц, гидролизатов, оксидатов и т. д. Поскольку объем жидкости, приуроченной к этому слою, как правило, превышает объем твердого материала, то подобное образование может быть названо коагелем. Формирование такого слоя приводит к тому, что поверхность раздела между водной массой и собственно донными отложениями выражена недостаточно четко. Судя по всему, именно в этом слое активно идут процессы коагуляции и образования различных соединений (например, аморфных гидроксидов металлов) и комплексов (органика-минеральные частицы; органика-карбонаты-глинистые минералы и т. п.), в которых участвуют вновь осаждающееся вещество и влекомые наносы, относительно прочно захватываемые структурой коагеля. Здесь же, безусловно, активно протекают и процессы сорбции, что приводит к увеличению скорости окисления органического вещества. Постоянное вхождение в данный слой транспортируемых потоком взвешенных частиц, в том числе в результате кольматации, снижает их кинетическую (седиментационную) устойчивость, приводит к развитию адгезии и самопроизвольному укрупнению частиц, осаждению даже очень тонких из них, и, как следствие, к дальнейшему агрегированию и связыванию накапливающихся в русле илистых отложений.

В следующем, нижележащем слое илов (~20-60 см) вязкость их возрастает, пористость уменьшается, а твердое вещество уже преобладает над жидкостью. Тем не менее наличие в отложениях достаточного количества воды все еще мешает контакту отдельных частиц отложений. Поэтому здесь обычно формируются илы со своеобразной ячеисто-хлопьевидной («кашеобразной») структурой и, как правило, вязкотекучей консистенцией. Еще ниже, в слое 60-70 - 100-120 см, следуют уже менее обводненные, более агрегированные и более плотные илы, преимущественно с липкопластичной консистенцией. В самых нижних слоях илов (120-180 см и ниже) во многом из-за гравитационного уплотнения и потери свободной, рыхлосвязанной и отчасти коллоидно-связанной воды и снижения содержания органических веществ (вследствие их минерализации) пористость отложений заметно уменьшается; происходит перегруппировка частиц структуры техногенных илов и увеличение числа контактов между твердыми частицами, которые способны соединяться в более крупные агрегаты, в результате чего отложения становятся более плотными, приобретают вязкопластичную консистенцию. Твердая фаза илов уже заметно преобладает над жидкой. Не исключено, что прогрессирующее гравитационное уплотнение отложе-

ний приводит к иммобилизации части свободной воды, переходящей в коллоидно-связанную воду.

Техногенные илы в основной своей массе обладают липкостью и пластичностью, что свидетельствует о наличии значительных сил молекулярного притяжения между слагающими их частицами, обуславливающих, в свою очередь, связность и повышенную устойчивость отложений к размывающему действию водного потока, а также малую величину скорости фильтрации через их толщу. Как правило, такие илы при изъятии их трубчатым буром сохраняют свою структуру, а при высыхании - приданную им форму. Природа липкости и пластичности, способствующих увеличению связности основной массы техногенных илов, в существенной мере связана с присутствием в них коллоидных пленок, различной техногенной органики, жиров, азотистых соединений, а также волокнистых веществ, в том числе асбестовых и искусственных волокон. Как уже отмечалось, взмучивание илов всегда сопровождается обильным газовыделением и появлением на водной поверхности ирризирующих, маслянистых пятен и пленок, а в стеклянной емкости с подобной водой после ее отстаивания наблюдается эффект Тиндаля (опалесценция). Активное осаждение нефтепродуктов связано с их эмульгированием и сорбированием на частицах взвеси.

Таким образом, в ходе осадконакопления в толще техногенных илов формируются определенные стратификационные макрослои. Можно сказать, что в общей своей массе техногенные илы характеризуются текстурой (макротекстурой), близкой к упорядоченной. В свою очередь, в пределах каждого макрослоя довольно часто наблюдается своего рода неупорядоченная микротекстура. По мере удаления от источников загрязнения в толще илов встречаются прослойки русловых песков; иногда илы с поверхности (особенно в протоках) перекрыты слоем (до 0,2-0,4 м) песчаного аллювия, что указывает на трансседиментацию (процессы вторичного переотложения) техногенных отложений в русле реки. В этом случае илы приобретают неупорядоченную текстуру. Наиболее активно процессы трансседиментации проявляются в периоды паводков и половодий, а также попусков воды из водохранилищ, когда эрозионно-транспортная способность потока существенно увеличивается.

Минеральный состав техногенных илов

Главной особенностью минерального состава техногенных илов является низкие содержания в них кварца, что обусловлено его невысокими содержаниями практически во всех видах промышленных отходов

(табл. 5). С этих позиций илы могут быть охарактеризованы как отложения, отличающиеся весьма низкой химической зрелостью.

Таблица 5. Минеральный состав различных техногенных образований в зоне влияния г. Темиртау, %

Отложения	Кварц	Альбит	Калиевые полевые шпаты	Амфибол	Кальцит	Са-алюмосиликат	Иллит	Каолинит
Шлам-1	2,9	-	-	-	18,4	-	сл.	сл.
Шлам-2	1	-	-	-	10,3	сл.	сл.	-
Шлам-3	1	-	-	-	8,2	сл.	сл.	-
ОСВ-1	66,3	6,1	2,4	-	3,2	-	сл.	сл.
ОСВ-2	7,5	0,5	сл.	-	сл.	-	сл.	-
ОСВ-3	4,8	0,5	сл.	сл.	4,8	-	сл.	-
Зола	13,8	-	-	-	сл.	-	сл.	-
Эпифитовзвесь	8,6	сл.	-	-	22,6	-	сл.	-
Техногенный ил	21,5	1,9	-	сл.	1,8	-	сл.	сл.

Окончание табл. 5

Отложения	Смектиты	Муллит	Таумасит	Гипс	Гематит	Портландит	Гидрокалюмит	СК
Шлам-1	сл.	-	24,6	-	-	сл.	2	~50
Шлам-2	сл.	-	сл.	сл.	-	24	3	~36
Шлам-3	сл.	-	сл.	сл.	-	29,5	3	~39
ОСВ-1	сл.	-	-	-	-	-	-	~78
ОСВ-2	сл.	-	-	7	0,5	-	-	~17
ОСВ-3	сл.	сл.	-	-	0,5	-	-	~11
Зола	сл.	23	-	-	-	-	-	~37
Эпифитовзвесь	сл.	-	-	-	-	-	-	~32
Техногенный ил	сл.	13,6	0,5	-	сл.	сл.	сл.	~40

Примечание. Шламы: (1-3) – отходы карбидного производства: 1 – из болота Жаур, 2 – из нового отвала, 3 – из старого отвала; ОСВ (1-3) – осадки сточных вод: 1 – с полей смещения, 2 – старые иловые карты, 3 – новые иловые карты; зола – материал из золоотвалов КарГРЭС-1; эпифитовзвесь – р. Нура ниже сброса сточных вод; техногенный ил – р. Нура, там же; СК – степень кристалличности, % (аморфный остаток); сл. – следы.

Основной матрицей техногенных илов является материал золоотвалов КарГРЭС-1, поступающий в р. Нуру со шламовыми водами и при аварийных сбросах, меньшую роль играют отходы карбидного производства и осадки сточных вод. Так, илы отличаются высоким содержанием муллита - обычно искусственного продукта, образующегося при высоких температурах. Известно, что для золы каменных углей характерно наличие значительных выделений типа муллита (в которых содержится свыше 70% глинозема, что отражается в химическом составе илов), а также метаксаолина, силикатов и алюминатов кальция; зола уг-

лей отличается также высокими содержаниями стеклофазы, аморфного глинистого вещества, частиц кокса [1, 3-5]. Высокая степень аморфизации структуры, преобладающее содержание стекловидных частиц тонких фракций, наличие силикатов и алюминатов кальция и свободных оксидов кремнезема и глинозема обуславливают активность золы, т. е. ее способность при затворении водой взаимодействовать с гидроксидом кальция с образованием гидросиликатов, гидроалюминатов и других соединений, обеспечивающих структурообразование искусственного камня. Формирование скоплений подобного искусственного камня можно наблюдать в устье Главной канавы стоков, где из-за резкого снижения уровня воды в р. Нуре верхняя часть накопившихся здесь илов перешла в полузатопленное состояние.

В илах идентифицированы также портландит и гидрокаломит, очень редкий и сопутствующий портландиту минерал (образуется за счет редких силикатов кальция типа ларнита, встречающегося в известняках). Оба минерала вполне закономерно присутствуют в отходах карбидного производства завода «Карбид» и в материале гидрозолоотвалов ГРЭС-1. Известно, что при взаимодействии с водой окиси кальция – важного компонента золоотвалов, в значительных количествах образуется портландит [3], а за счет процессов гидролиза и гидратации в золоотвалах может формироваться гидрокаломит. В составе техногенных илов обнаружены таумасит (присутствующий в значительных количествах в отходах карбидного производства, очень редкий минерал, для которого обычно характерны землистые либо скрытокристаллические массы, игольчатые, спутанно-волокнистые агрегаты) и кальцит (являющийся, как известно, основным минералом известняков; он также используется в производстве цемента и в качестве флюса в металлургии). Не исключено, что наличие больших количеств кальцита в эпифитов-звеси свидетельствует об активно идущих процессах его вторичного образования непосредственно на макрофитах, но, скорее всего, указывает на значимое поступление этого минерала в составе взвеси сбрасываемых в реку сточных вод. Типично присутствие во всех изученных отложениях глинистых минералов – смектитов, иллита, каолинита.

Данная ситуация, когда основная вещественная матрица илов формируется в результате поступления в реку больших количеств золы угля и другого ископаемого топлива, не такая уж редкая на практике. Например, в р. Коради, в р. Тава и одноименное водохранилище (Мадхья Прадеш, Индия) смывается до 800-1000 т золы в сутки от расположенных здесь двух электростанций [15], что коренным образом изменило процессы осадконакопления в водных объектах и обусловило интенсивное загрязнение последних широкой группой химических элементов (Fe, Mn, Cu, Zn, Co, Ca, Mg, Na, K).

Заклучение

Важнейшей эколога-геохимической особенностью р. Нуры является интенсивное загрязнение ее различных компонентов ртутью, которая длительное время использовалась на заводе «Карбид» при производстве ацетальдегида. Основными концентраторами и носителями ртути в русле и долине реки являются техногенные илы – новый тип современных аллювиальных отложений, обладающих своеобразным гранулометрическим, минералогическим и химическим составом, что резко отличает их от типичного руслового аллювия, свойственного фоновым участкам речного русла.

Минеральный состав техногенных илов в существенной мере обусловлен особенностями состава поступающего в реку осадочного материала, а также процессами, происходящими в водотоке. Техногенным илам свойственны минеральные ассоциации, состав которых отличается от терригенно-минеральных ассоциаций фонового аллювия. Техногенные минеральные ассоциации характеризуются пониженным содержанием кварца, увеличенным количеством глинистых и карбонатных минералов, гидроокислов железа, присутствием муллита, поргландита и других минералов, свойственных промышленным отходам, а также включениями техногенных минеральных и органоминеральных частиц. Для формирования техногенных илов в русле р. Нуры важное значение имели сбросы в нее сточных вод теплоэлектростанции, обогащенных угольной золой.

Особенности петрохимического состава техногенных илов (пониженное количество кремнезема и повышенные содержания глинозема, оксидов кальция, натрия и железа) во многом обусловлены их минеральным составом. Важнейшими свойствами техногенных илов, обладающих в местах наибольшего накопления определенной стратификацией, обусловленной условиями их накопления и вторичным преобразованием, являются специфический темно-серый или черный цвет, химический запах, преимущественно вязкотекучая или мягкопластичная консистенция, высокие содержания алевритовых и глинистых частиц, органических веществ, глинозема, закиси железа, оксида кальция, серы, тяжелых металлов и ряда других химических элементов, повышенная карбонатность. В целом указанные свойства относительно стабильны как в толще техногенных илов, мощность которых изменяется от 0,2-0,5 до 3 м и более, так и на значительной протяженности русла.

Техногенные илы представляют собой осадочные образования, характеризующиеся низкой и весьма низкой химической зрелостью и находящиеся на стадии активного постседиментационного преобразования, которые в значительной мере связаны с трансформацией карбо-

натов и гидроокислов железа. В критических ситуациях, подобных рассмотренной, необходимы изъятие и утилизация илов, являющихся концентраторами основной массы присутствующих в водотоках освоенных районов поллютантов, что требует установления масштабов распространения таких отложений, изучения их вещественного состава и разработки соответствующих технологий очистки.

Литература

1. Золошлаковые материалы и золоотвалы. - М.: Энергия, 1978. - 295 с.
2. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения поверхностных водотоков химическими элементами. - М.: ИМГРЭ, 1982. - 74 с..
3. *Огородникова Е.Н., Ковылин Ю.А., Николаева С.К.* Минеральный состав зол гидроудаления Березовской ГРЭС – источник загрязнения природной среды // *Геоэкология*, 1994, № 2, с. 58-66.
4. Состав и свойства золы и шлака ТЭС. Справ. пособие. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 285 с.
5. *Спицын А.Н., Фекличев В.Г.* Исследование химико-минерального состава и свойств высококремнистой золы золоотвалов ТЭЦ // *Зап. ВМО*, 1995, № 3, с. 86-95.
6. *Янин Е.П.* Экогеохимическая оценка загрязнения реки Нуры ртутью. – М.: ИМГРЭ, 1989. – 43 с.
7. *Янин Е.П.* Ртуть в ирригационных ландшафтах поймы реки Нуры в условиях интенсивного промышленного воздействия // *Биогеохимические методы при изучении окружающей среды*. - М.: ИМГРЭ, 1989, с. 15-25.
8. *Янин Е.П.* Ртуть в окружающей среде промышленного города. – М.: ИМГРЭ, 1992. – 169 с.
9. *Янин Е.П.* Особенности поступления и распределения ртути в воде р. Нуры (Центральный Казахстан) // *Геоэкологические исследования и охрана недр*. – М.: Геоинформмарк, 1993, вып. 3, с. 15-24.
10. *Янин Е.П.* Геохимические особенности и экологическое значение техногенных илов // *Разведка и охрана недр*, 1994, № 5, с. 35-37.
11. *Янин Е.П.* Ртуть в эпифитовзвеси реки Нуры (Казахстан) как индикатор техногенного загрязнения // *Геология и геофизика*, 2000, № 7, с. 1074-1077.
12. *Янин Е.П.* Техногенные речные илы в зоне влияния промышленного города (формирование, состав, геохимические особенности). – М.: ИМГРЭ, 2002. – 100 с.
13. *Янин Е.П.* Русловые отложения равнинных рек (геохимические особенности условий формирования и состава). – М.: ИМГРЭ, 2002. – 139 с.
14. *Янин Е.П.* Эпифитовзвесь – новый индикатор загрязнения речных систем тяжелыми металлами. – М.: ИМГРЭ, 2002. – 51 с.
15. *Philips S., Sankaran Unni K.* Content of metallic ions in water and sediments in reservoirs and rivers receiving ash effluents from thermal power stations // *Trop. Ecol.*, 1991, 32, № 2, p. 236-244.

Содержание

Введение.....	3
Район и методика работ.....	3
Пространственное распределение илов и уровни концентрирования в них ртути.....	6
Гранулометрический состав илов.....	10
Химический состав техногенных илов.....	11
Минеральный состав техногенных илов.....	17
Заключение.....	20
Литература.....	21

Янин Евгений Петрович

Химический состав и минералогические особенности техногенных илов реки Нуры

Подписано к печати 04.06.04.
Формат 60 x 90 1/16. Уч. изд. л. 1,5.
Тираж 100. Заказ 9-04.
Полиграфическая база ИМГРЭ.