

# МОНИТОРИНГ

## ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕК г. Алматы ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

**В статье рассмотрено экологическое состояние рек г. Алматы. Показано присутствие тяжелых металлов (Cd, Pb, Cu, Zn) в 3 реках, изучена их динамика и степень накопления с 2005 по 2010 гг. Загрязнение рек г. Алматы медью оказалось значительным: от 11 до 12 ПДК во всех 3 реках и во все анализируемые годы. Загрязнение свинцом отмечено в р. Малая Алматинка (1,1 ПДК) и в р. Большая Алматинка (1,9 ПДК). Содержание остальных тяжелых металлов находилось ниже ПДК.**

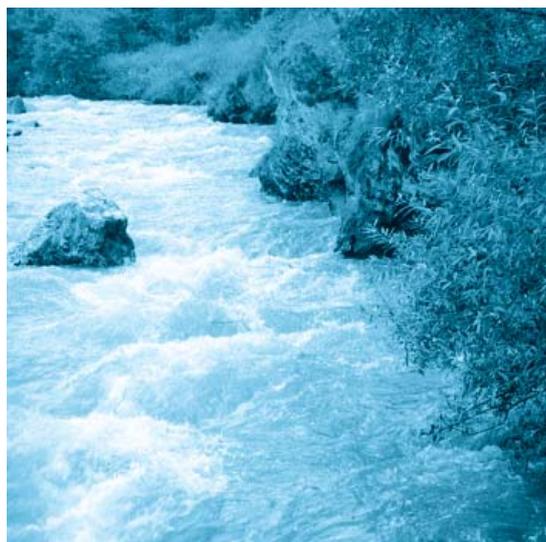
### Введение

По данным Всемирной Организации Здравоохранения 85 % всех заболеваний в мире передается загрязненной водой, которая содержит 13 тыс. потенциально токсичных элементов [1]. Наибольшую опасность представляют находящиеся в воде тяжелые металлы Pb, Hg, Cd, Zn, Ni, Cr, которые вызывают ряд заболеваний [2, 3]. Многие реки, используемые как источники питьевой воды, содержат по оценкам европейских ученых не менее 10 % очищенных сточных вод [4]. Исследования в 9 городах Сибирского региона показали, что влияние загрязненной воды на заболеваемость составляет от 7,7 до 41 % [5].

Основным природным процессом формирования поверхностного стока урбанизированных и природных территорий является смешение вод, участвующих в питании водоемов – бытовые, промышленные, поверхностные (ливневые и талые) и дренажные сточные воды, дымы и газы, растворяющиеся в атмосферных осадках, результаты рекреационной деятельности и т.д. [2]. Мониторинг состояния водных объектов ряда городов показал, что около 30 % объектов не отвечает установленным санитарно-химическим и микробиологическим нормам [6].

Реки г. Алматы (Большая Алматинка и Малая Алматинка и их притоки – Есентай, Ремизовка, Карасу, Казачка) берут начало на

**Б.Н. Мынбаева\***,  
кандидат  
биологических наук,  
старший научный  
сотрудник,  
профессор кафедры  
естественных  
специальностей  
Института  
магистратуры  
и докторантуры,  
Казахский  
национальный  
педагогический  
университет им. Абая



склонах, расположенных выше 3000 м, в основном питаются ледниковыми водами. На повышение и понижение уровня воды в них влияют атмосферные осадки и подземные воды. Р. Большая Алматинка берет начало со склонов ледников Заилийского Алатау на высоте 3500 м. В зоне средней высоты в результате запруживания одного из его притоков древней мореной возникло Большое Алматинское озеро. Р. Малая Алматинка берет начало от Туюксуского ледника, в ее долине построена дамба, защищающая г. Алматы от селевых потоков.

Русла рек Большая Алматинка, Малая Алматинка и Есентай в черте города забетонированы и запружены в мелкие бассейны. Основными источниками загрязнения водоемов г. Алматы являются целлюлозно-бумажная и лёгкая промышленность, жилищно-коммунальное хозяйство, ТЭЦ и мелкие котельные.

Целью данной работы является изучение загрязнения 3 рек (Есентай, Большая Алматинка, Малая Алматинка) г. Алматы тяжелыми металлами (ТМ) с 2005 по 2010 гг.

\* Адрес для корреспонденции: [bmynbayeva@gmail.com](mailto:bmynbayeva@gmail.com)

## Материалы и методы исследования

**М**ониторинг состояния поверхностных вод рек г. Алматы проводили по 3 рекам: р. Малая Алматинка, р. Большая Алматинка и приток р. Малая Алматинка р. Есентай. Для исследования этих рек были взяты пробы воды на 8 гидропостах (ГП) с химическим анализом содержания в них ТМ. Пробы воды р. Есентай отбирали на анализ содержания ТМ в 2 местах по руслу реки на пересечении с проспектом аль-Фараби (ГП 1) и с улицей Рыскулова (ГП 2). Анализ проб воды р. Малая Алматинка на содержание ТМ проводили по 3 гидропостам: ГП 3 – 0,5 км ниже сброса Мехкомбината, ГП 4 – 2,0 км выше города, ГП 5 – 4,0 км ниже г. Алматы. Для мониторинга р. Большая Алматинка были использованы данные 3 гидропостов: ГП 6 – 9,1 км выше города, ГП 7 – 0,5 км ниже сброса Алматинского хлопчатобумажного комбината, ГП 8 – 0,5 км ниже города.

Исследование уровня загрязнения донных отложений не проводилось, так как русла всех 3 рек г. Алматы забетонированы, накопленные отложения (в основном камни, песок и галька) несколько раз в год очищаются механическим путем.

Определение содержания ТМ проводили атомно-адсорбционным методом на спектрофотометре фирмы «Shimadzu» с электротермической атомизацией AA-6650 [7].

Полученные данные по содержанию ТМ в воде рек обрабатывали с помощью прикладных программ «Statistics 6,0» и «Microsoft Excel». В рисунках использованы  $x_{\text{ср}}$  со средним квадратичным отклонением. В обсуждении и анализе полученных средних данных по загрязнению ТМ рек г. Алматы использовали ПДК этих веществ, предназначенные для рыбохозяйственных водоемов [8].

## Результаты и их обсуждение

**У**ровень загрязнения рек г. Алматы ТМ у их истоков (в горах) соответствовал фоновым концентрациям, превышения ПДК изучаемых металлов не отмечались, за исключением содержания Си – его превышение составило 2-3 ПДК. Источники и причина высокой концентрации Си в горной воде рек не установлены. В системе мониторинга ДГП «Центр гидрометеорологического мониторинга» г. Алматы ведутся наблюдения за 13 металлами (Mg, Na, Ca, Si, Fe, Cu, Zn, Ni, Pb, Co, Cd, Mn, As). Нами были выбраны 4 металла, имеющие высокие значения токсичности, канцерогенности и мута-

генности, а также наиболее высокие концентрации (по предварительным данным) – Pb, Cd, Cu, Zn.

Проанализирована степень загрязнения 3 рек г. Алматы выбранными ТМ и сделана попытка оценить эффективность существующей системы мониторинга рек, состоящей из 8 гидропостов.

Наибольшее загрязнение Cd произошло на р. Есентай в 2006 г. (2 класс опасности, ПДК 0,005 мг/мл [8]) на ГП 1 по сравнению с другими годами. и по сравнению с другим гидропостом на этой реке (ГП 2) – почти в 16 раз больше; такой пик загрязнения выглядит не убедительным, поэтому мы отказались от обсуждения данных по 2006 г. Превышения ПДК Cd не отмечено (примерно в 2,8 раз меньше значения ПДК оказалась самая большая концентрация в 2006 г.), т.е. загрязнение р. Есентай Cd оказалось минимальным.

Превышение загрязнения р. Есентай Pb (2 класс опасности, ПДК 0,005 мг/мл [8]) не отмечено; сравнительно большое его содержание наблюдали в 2005 г. как на ГП-1, так и на ГП-2 (рис. 1а).

В воде р. Есентай выявлены значительные концентрации Си (рис. 1б). Максимальное содержание этого ТМ (3 класс опасности,

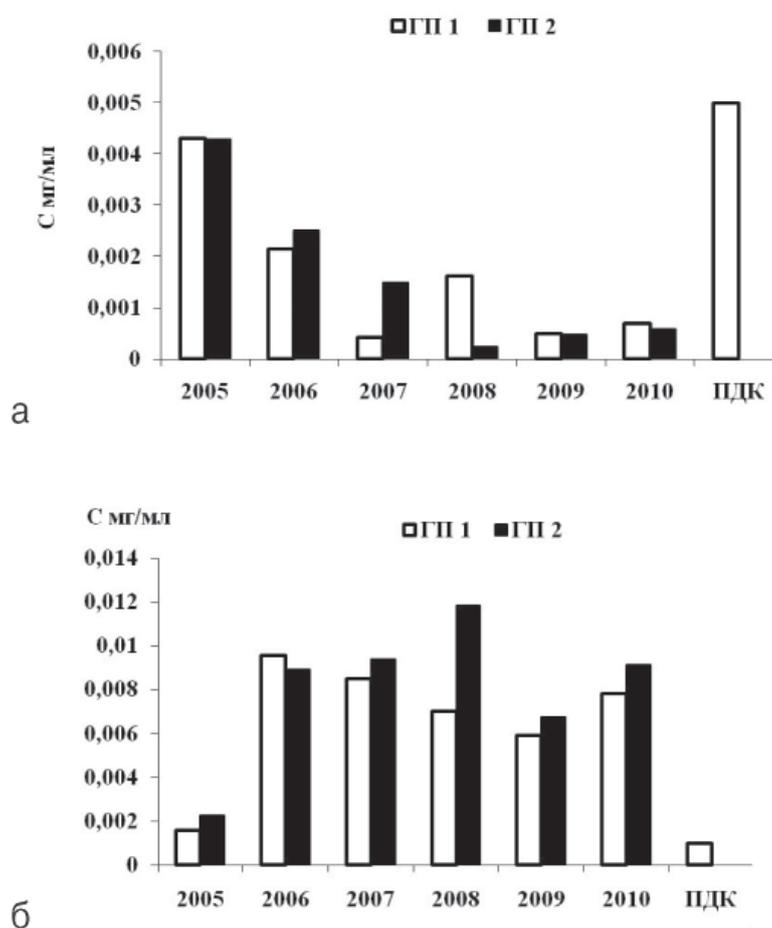
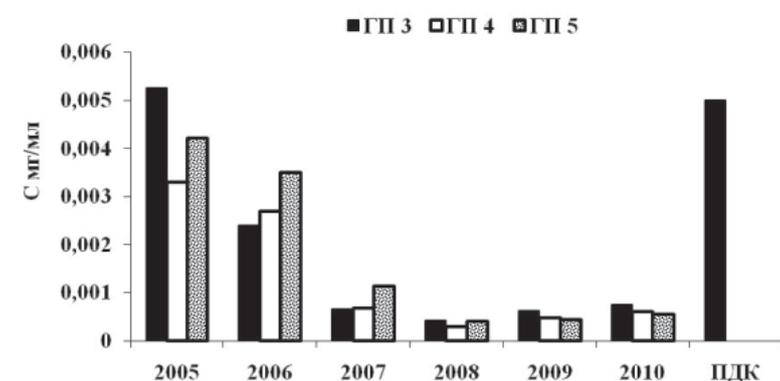


Рис. 1. Изменение концентраций Pb (а) и Си (б) в р. Есентай.

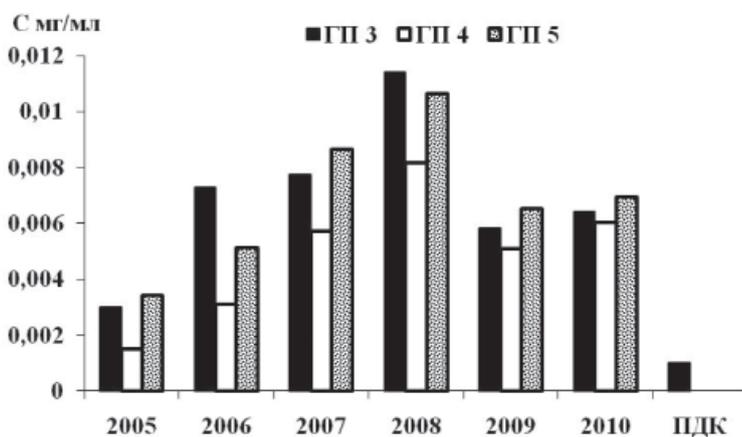
ПДК 0,001 мг/мл [8]) было обнаружено в 2008 г. на ГП-2, с постепенным снижением содержания (в 2007 г. стало в 1,3 раз меньше, в 1,3 раза – в 2006 г., в 5,3 раза – в 2005 г. и т.д.). Показатели загрязнения проб воды реки на ГП-1 имели другие колебания: максимальная концентрация  $Cu$  в воде отмечена в 2006 г. (9,6 мг/мл); по сравнению с этим показателем в 2005 г. концентрация  $Cu$  была ниже в 6,1. раза, в 2007 г. – в 1,1 раза и в 2008 г. – в 1,4 раз, т.е. минимальное загрязнение отмечено в 2005 г. Таким образом, превышение ПДК  $Cu$  было значительным во все анализируемые периоды и составило в среднем от 66 до 100 %.

Данные по загрязнению вод р. Есентай  $Zn$  показали, что максимум загрязнения наблюдался в 2005 г. как в нижнем течении реки, так в верхнем, но не превышал ПДК, равного 0,001 мг/мл [8]. Загрязнение воды реки  $Zn$  было минимальным в 2007-2008 гг. в пробах воды обоих гидропостов.

Таким образом, р. Есентай при протекании ее по территории г. Алматы имела значительное загрязнение по  $Cu$ , большее на нижней части реки, на выходе из города; ранжирование ТМ выглядело следующим образом:  $Cu > Zn > Pb > Cd$ .



а



б

Рис. 2. Изменения концентраций  $Pb$  (а) и  $Cu$  (б) в р. Малая Алматинка.

В пробах воды р. Малая Алматинка выявлено минимальное загрязнение  $Cd$ , намного ниже ПДК. Установлено, что загрязнения по  $Pb$  были значительными в 2005 и 2006 гг., максимальные показатели загрязнения во все анализируемые годы были получены в ГП 3, находящемся возле Мехкомбината и в ГП 5 (4 км ниже г. Алматы), однако превышение ПДК отмечено лишь в 2005 г. ниже Мехкомбината (1,1 ПДК) (рис. 2а). В верхнем течении р. Малая Алматинка загрязнение было меньше, чем ниже по течению, т.е. при протекании вода реки накапливала  $Pb$  (за исключением 2006 г.). Возможно, сказалась неблагоприятная экологическая обстановка в нижней части г. Алматы и определенный накопительный эффект общего загрязнения ТМ этого района как в атмосфере, так и в поверхностных водных объектах.

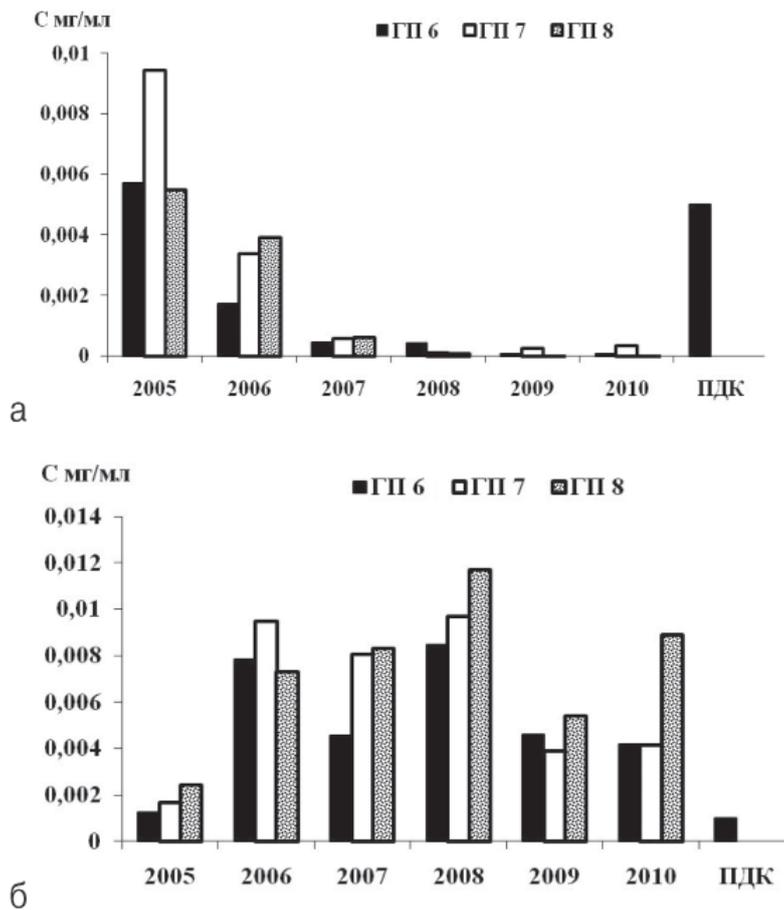
Уровень загрязнения  $Cu$  р. Малая Алматинка был выше ПДК на всем ее протяжении – в среднем превышение концентрации по ПДК > 1 составило от 10 до 100 %, превышение ПДК > 10 составило от 8 % (2005 г.) до 50 % (2006-2008 гг.). В отличие от других ТМ максимальные значения загрязнения воды р. Малая Алматинка отмечены в 2008 г. по всем 3 пунктам наблюдений и анализа проб воды, минимальные – в 2005 г. (рис. 2б). В верхнем течении реки по-прежнему загрязнение было меньшим, чем на дальнейшем ее пути (например, в 2008 г. в 1,3–1,4 раза меньше).

Концентрации  $Zn$  в воде р. Малая Алматинка не превышали ПДК, но относительно большое его содержание отмечено в 2005 г. Река в верхнем течении (до города) гораздо меньше (примерно в 2 раза) загрязнена  $Zn$ , чем в реке ниже Мехкомбината и на нижней границе.

Таким образом, экологическое загрязнение р. Малая Алматинка можно отнести к среднему, превышение ПДК отмечено для  $Cu$  (больше 11 ПДК в 2008 г.) и  $Pb$  (1,1 ПДК в 2005 г.); содержание остальных металлов не превышало ПДК.

Анализ проб воды р. Большая Алматинка на содержание  $Cd$  также показал данные по 2006 г., поэтому анализировались показатели 2005, 2007-2010 гг. Полученные значения по загрязнению воды  $Cd$  оказались значительно ниже ПДК.

Во всех пробах воды, проверенных на загрязнение  $Pb$ , выявлены уровни, превышающие ПДК в 2005 г., при этом превышение возле АХБК было самым значительным – 1,9 ПДК (рис. 3а); по другим точкам отбора проб воды превышение составило 1,1 ПДК. В остальные годы превышения ПДК  $Pb$  не отмечено. Наблюдалась динамика уменьше-



**Рис. 3.** Изменения концентрации Pb (а) и Cu (б) в р. Большая Алматинка.

ния концентраций этого токсичного ТМ в воде р. Большая Алматинка к 2008 г. Анализ проб воды р. Большая Алматинка на содержание ТМ показал высокое загрязнение Си – превышение 1 ПДК от 41 до 92 % в среднем, превышение 10 ПДК от 25 % до 42 % (2006-2010 гг.), сходная ситуация наблюдалась с двумя другими реками, протекающими по городу.

Анализ проб воды на загрязнение Си показал устойчивое увеличение его содержания с 2005 г. по 2010 г.; превышение ПДК отмечено во все анализируемые годы. Максимальные концентрации Си отмечены в 2008 г.- по сравнению с 2005 г. в последующие годы увеличение составило 6,8, 6,5 и 4,8 раз, соответственно (рис. 3б). Абсолютные значения загрязнения также были самые значительные по Си по сравнению с другими ТМ. Во все годы, кроме 2006 г., загрязнение в нижней части реки (за городом) было большим, чем до города и по городу, т.е. вероятность накопления водой этого ТМ во время течения реки по территории г. Алматы, очень высокая. Превышение содержания ПДК Zn не отмечены в р. Большая Алматинка. Относительно высокие концентрации Zn наблюдались в 2005 г. в нижней части реки на выходе из города, с последующим снижением его содержания в 3,4 раза в 2007-2010 гг., за исключением 2008 г., показатели которого немного превысили данные за 2006-2007 гг.

### Заключение

**З**агрязнение рек г. Алматы ТМ оказалось значительным, особенно Си – от 8,5 до 12 ПДК во все анализируемые годы. Загрязнение Pb отмечено в реках Малая Алматинка (1,1 ПДК) и Большая Алматинка (1,9 ПДК), содержание остальных ТМ находилось ниже ПДК. Наиболее загрязненной ТМ оказалась р. Большая Алматинка, наименее – р. Есентай. Следовательно, значительное загрязнение рек ТМ по мере их протекания по территории города представляет серьезную экологическую опасность для гидробионтов.

Установленное новое программное обеспечение к атомно-абсорбционному спектрофото-



метру «Shimadzu» позволило сразу считать  $X_{\text{ср}}$ , среднее квадратичное отклонение, отношение  $X_{\text{ср}}/\text{ПДК}$ ,  $X_{\text{min}}$ ,  $X_{\text{max}}$ , число анализов, % превышения ПДК, но мы пришли к мнению, что существует необходимость создания большего количества пунктов отбора проб воды и увеличения количества наблюдений на створах, так как не получена рекомендуемая дискретность для достоверности полученной информации об уровне загрязнения рек и построении трендов. Также следует отметить, что по использованному химическому методу определения содержания ТМ в пробах воды и ПДК трудно оценить влияние ТМ на экологию водных экосистем и их обитателей, поэтому следует обратить внимание на применение биологического мониторинга.

### Литература

1. State of the world's cities // Abstracts conf. «U. N. Human Settl. Progr.». – London: Earthscan Publications. – 2006, No. 7. – 78 p.
2. Мур Дж.В. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния./ Дж.В. Мур, С. Рамамурти. М.: Мир, 2007. 286 с.

### Ключевые слова:

загрязнение  
городских рек,  
тяжелые металлы,  
предельно  
допустимая  
концентрация

3. Будников Г.К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных экосистем // Соросовский Образовательный журнал, –1998. № 5. С. 23-29.
4. Environment and health // ЕЕА (European Environment Agency). – Copenhagen, 2010. – Report No. 10. – 210 p.
5. Онищенко Г.Г. Требования к питьевой воде // Экология и жизнь, 1999. № 4. С. 63-76.
6. Фомин Г.С. Вода. Контроль, химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник. М.: Наука. 2000. 848 с.
7. МВИ М 01.29-98. Методика выполнения измерения Mn, Co, Cu, Fe, Cd, Pb, Ni и др. в пробах природных и сточных вод атомно-адсорбционным методом на спектрофотометре фирмы «Shimadzu» с электротермической атомизацией. СПб.: Изд-во стандартов, 1998. 23 с.
8. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М.: Изд-во Гидрометеиздат, 1990. – 14 с.



B.N. Mynbayeva

## ALMATY CITY RIVER MONITORING OF HEAVY METAL POLLUTION

The ecological state of Almaty city river has been reviewed. The presence of heavy metals (Cd, Pb, Cu, Zn) in rivers of the city of Almaty have been shown, their dynamics was studied and the degree of accumulation from

2005 to 2010. There was considerable Cu contamination of Almaty city rivers: from 11 to 12 MPC in all 3 rivers, and in all analyzed years. Contamination of Pb was observed in the river Small Almaty (1,1 MPC) and river Big Almaty (1,9

MPC). Contents of the remaining TM was lower than the MPC.

**Key words:** urban river pollution, heavy metals, maximum permissible concentration

