

ОЦЕНКА ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ реки Билина в Чешской Республике

Выполнены гидрологические и гидрохимические обследования р. Билина, а также оценка загрязнения донных отложений, проведена оценка текущего состояния реки.

Введение

Река Билина расположена на северо-западе Чехии, является правым притоком р. Лаба (Эльба), ее исток находится недалеко от села Закуты в Рудных горах. Большая часть реки протекает в открытом русле, однако участок реки между городами Йирков и Мост заключен в подземный коллектор. Общее направление течения реки – юго-восток. Значительных притоков река не имеет.

Общая протяженность реки составляет 81 км; из них в городской зоне – около 12 км. Площадь водосборного бассейна по разным данным составляет от 933 до 1071 км². Средний расход воды составляет 5,90 м³/с. Река протекает через города Йирков, Мост, Билина и Усти-над-Лабем, где и впадает в р. Лаба (Эльба).

В середине XX века р. Билина использовалась в качестве источника пресной воды для нескольких промышленных объектов, таких как химический завод Spolchemie, энергетический завод в Хотейовице и ТЭЦ в г. Трмице. Также река служила местом сброса сточных вод этих предприятий. В настоящее время эти заводы либо не используют воды р. Билина в качестве источника воды, либо имеют собственные станции водоподготовки и очистки сточных вод. В наиболее урбанизированных зонах протекания реки ее берега укреплены каменной кладкой и часто имеют очень крутой склон. Дно реки также обложено камнями, что повышает скорость ее течения, увеличивает возможность эрозии и влияет на естественные обменные процессы между водой и донными отложениями, доступ к которым сильно ограничен. В некоторых местах, например, в г. Билина, река уже частично ревитализована, на других же участках ее протекания русло и берега сильно деградировали.

М. Неруда*,
Ph.D, Associated Dean
Faculty of the
Environment,
Universita Jana
Evangelista Purkine

Д.А. Крамер,
аспирант факультета
биотехнологии
и промышленной
экологии, ФГБОУ
ВПО Российский
химико-
технологический
университет
им. Д.И. Менделеева

И.О. Тихонова,
кандидат технических
наук, доцент кафедры
промышленной
экологии ФГБОУ
ВПО Российский
химико-
технологический
университет
им. Д.И. Менделеева



В данной работе мы обследовали текущее состояние р. Билина и возможности для ее ревитализации.

Для определения возможных путей и методов ревитализации рек, а также возможных последствий было рассмотрено несколько примеров проектов ревитализации малых рек в Европе [1-3]. Данные проекты использовались нами в качестве основы для выработки предложений по ревитализации р. Билина.

Материалы и методы исследования

Полевые обследования

В начале работы было выполнено полевое обследование состояния р. Билина, целью которого являлось описание берегов, растительности и идентификация возможных источников загрязнения реки.

Полевые обследования проводились в трех городах: Усти-над-Лабем, Мост и Билина.

Пробоотбор

По результатам полевых обследований были выбраны 8 створов пробоотбора. В каждом створе отбирали 4 пробы: 2 пробы воды и 2 пробы донных отложений. В табл. 1 пред-

* Адрес для корреспонденции: martin.neruda@ujep.cz

Таблица 1

Местоположение профилей и температура воды (пробоотбор 27.04.2011 г.)

№ створа	Местоположение	Т воды (°С)
8	г. Мост, недалеко от искусственного озера	12,6
7	г. Мост, ж/д платформа	12,6
6	г. Билина, напротив супермаркета «Интерспар»	12,2
5	деревня Хотейовице, недалеко от электростанции	-
4	г. Трмице, гидрологическая станция	12,5
3	г. Трмице, место впадения Ждирницкого ручья	-
2	г. Усти-над-Лабем, западный вокзал	12,6
1	г. Усти-над-Лабем, место впадения в р. Лаба	-

Примечание. «-» – данные отсутствуют.

ставлено местоположение створов. Карта-схема с точками пробоотбора представлена на рис. 1.

Анализ проб

В работе выполнен анализ вод и донных отложений р. Билина на содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов. Анализ на содержание нефтепродуктов проводили ИК-спектрометрическим методом (согласно методикам ČSN 75 7505 (вода), ČSN 75 7505 and ČSN 75 7506 (донные отложения)). Анализ на содержание тяжелых металлов

был выполнен скрининговым спектральным методом с индукционно-связанной плазмой, затем были выбраны элементы с наибольшим содержанием и далее проанализировано их содержание в остальных пробах методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Все анализы были выполнены в Институте неорганической химии в г. Усти-над-Лабем (Чехия).

Результаты и их обсуждение

Гидрологические измерения осуществляли 12.05.2011 г. на створе № 4 «Трмице.

Гидрологическая станция». Были измерены средняя скорость течения, средний расход воды, ширина реки, глубина реки и площадь потока воды. Измерения проводились с помощью прибора ADCP (акустический доплеровский профилограф течения) совместно с Гидрометеорологическим Институтом г. Усти-над-Лабем. Результаты представлены в табл. 2.

Для определения качества воды и донных отложений мы использовали российские и чешские нормативы (ПДК) для воды, почвы и донных отложений [4-9]. Решение проблемы оценки качества воды в определенной степени обеспечивается отнесением результатов определения отдельных веществ к их ПДК. Применительно к донным отложениям

Рис. 1. Карта-схема р. Билина с точками пробоотбора.

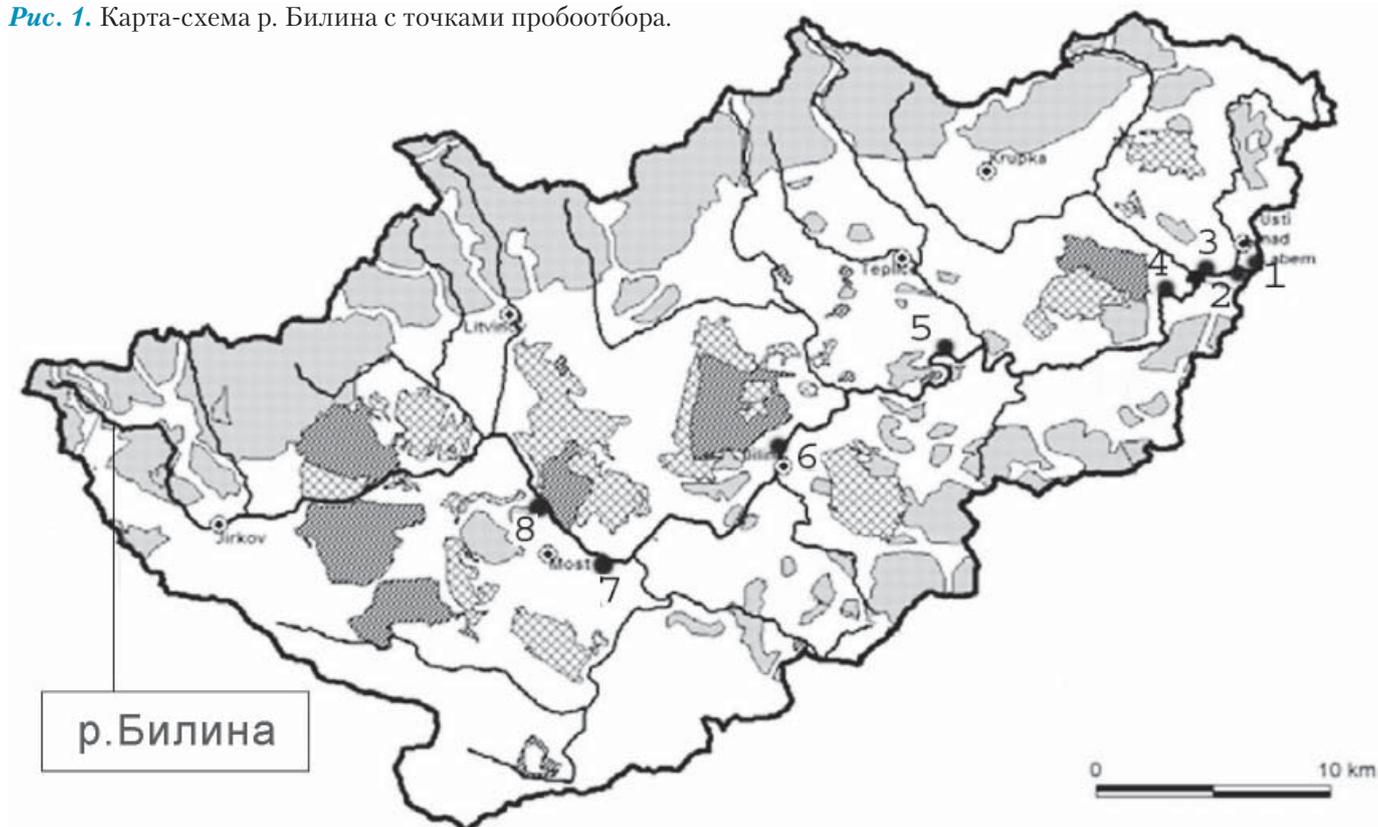


Таблица 2

Результаты гидрологических измерений на р. Билина (створ № 4)

Показатель	Величина
Средняя скорость течения, м/с	0,574
Ширина, м	14,27
Глубина, м	0,743
Площадь потока воды (трапецеидальный профиль), м ²	10,6
Средний расход воды, м ³ /с	6,046

такой подход является затруднительным из-за отсутствия российских нормативов даже для наиболее распространенных и опасных токсикантов, таких как нефтепродукты, хлорорганические пестициды и тяжелые металлы. В то же время донные отложения представляют больший интерес для оценки состояния водных экосистем, чем вода [11].

В *табл. 3* представлены ПДК тяжелых металлов в различных средах.

Представляет интерес сравнение чешских и российских нормативов содержания тяжелых металлов в объектах окружающей среды. Как видно из *табл. 3*, для воды российские ПДК ниже чешских ПДК для мышьяка, кадмия и ванадия. Для остальных анализируемых нами тяжелых металлов наблюдается обратная ситуация. Для почв российский ПДК ниже, чем чешский ПДК донных отложений для мышьяка, кадмия, ванадия и цинка; для меди, свинца и ртути более жестким является чешский ПДК донных отложений, а для никеля эти нормативы одинаковы. Наибольшая разница в нормативах наблюдается для мышьяка и цинка: здесь российский ПДК почв ниже в 3 и 2,7 раза, соответственно. Чешский ПДК донных отложений для ртути ниже российского ПДК почв в 2,6 раза.

Содержание нефтепродуктов в пробах представлено в *табл. 4* и на *рис. 2*.

Таблица 3

Нормативы содержания тяжелых металлов в различных средах

Среда	ПДК							
	As	Cd	Cu	Ni	Pb	V	Zn	Hg
Вода хозяйственно-питьевая (РФ, мг/л)	0,01	0,001	1	0,02	0,01	0,1	1	0,0005
Вода рыбохозяйственного назначения (РФ, мг/л)	0,05	0,005	0,001	0,01	0,006	0,001	0,01	0,0001
Вода (Чехия, мг/л)	0,02	0,0007	0,025	0,04	0,0144	0,035	0,16	0,0001
Почва (РФ, мг/кг)	10	2,0	132	80	130	150	220	2,1
Донные отложения (Чехия, мг/кг)	30	2,5	100	80	100	180	600	0,8

Ключевые слова:

обследования реки, донные отложения, ревитализация

Концентрации нефтепродуктов в воде не превышают российского ПДКв, а концентрация нефтепродуктов в донных отложениях превышает российский ПДКп только в третьем створе, при этом в других створах концентрация значительно ниже. Высокая концентрация нефтепродуктов в донных отложениях в третьем створе может быть объяснена влиянием Ждирницкого ручья, который протекает по урбанизированной части г. Усти-над-Лабем.

Содержание тяжелых металлов в пробах воды представлено в *табл. 5*.

Содержание тяжелых металлов в пробах донных отложений представлено в *табл. 6* и на *рис. 3* (As, Zn, Hg).

Таблица 4

Содержание нефтепродуктов в пробах

№ створа	вода (мг/л)	донные отложения (мг/кг)
1	<0,1	423
2	<0,1	112
3	<0,1	1010
4	<0,1	114
5	<0,1	241
6	<0,1	48
7	<0,1	209
8	<0,1	28

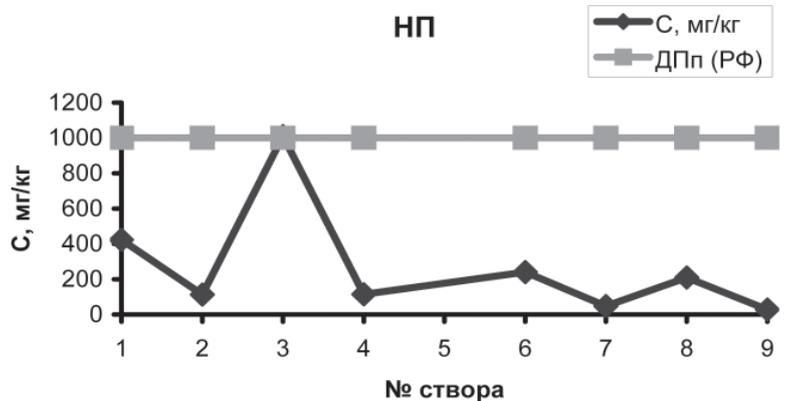
**Рис. 2.** Изменение концентрации нефтепродуктов в донных отложениях по течению р. Билина.

Таблица 5

Содержание тяжелых металлов в пробах воды (мг/л).

вещество	створ							
	1	2	3	4	5	6	7	8
As	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cd	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cu	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Ni	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Pb	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
V	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Zn	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Hg	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Вода р. Билина содержит тяжелые металлы в концентрациях, не превышающих российские или чешские ПДКв. Что касается концентраций тяжелых металлов в донных отложениях, то они, в основном, невысоки, однако несколько концентраций превышают российский ПДКп, а концентрация ртути в створе 2 превышает чешский ПДКдо. Кон-

Таблица 6

Содержание тяжелых металлов в пробах донных отложений (мг/кг).

вещество	створ							
	1	2	3	4	5	6	7	8
As	23	20	30	10	15	10	20	15
Cd	0,8	1,2	0,5	<0,5	1,0	0,5	1,5	0,5
Cu	41	32	73	17	38	21	70	18
Ni	42	43	41	31	41	26	38	22
Pb	40	47	61	22	35	12	32	25
V	100	97	120	61	102	67	119	43
Zn	238	215	133	129	170	86	144	73
Hg	0,6	2	0,7	0,1	0,2	0,2	0,6	0,1

Примечание: жирным выделены концентрации, превышающие российский норматив для почв; курсивом и подчеркиванием выделены концентрации, превышающие чешский норматив для донных отложений.

Таблица 7

Индексы опасности тяжелых металлов в донных отложениях (расчет по российским ПДК [7])

Вещество	створ								K _Σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	
As	2,30	2,00	3,00	1,00	1,50	1,00	2,00	1,50	14,30
Cd	0,40	0,60	0,25	0,00	0,50	0,25	0,75	0,25	3,00
Cu	0,31	0,24	0,55	0,13	0,29	0,16	0,53	0,14	2,35
Ni	0,53	0,54	0,51	0,39	0,51	0,33	0,48	0,28	3,55
Pb	0,31	0,36	0,47	0,17	0,27	0,09	0,25	0,19	2,11
V	0,67	0,65	0,80	0,41	0,68	0,45	0,79	0,29	4,73
Zn	1,08	0,98	0,60	0,59	0,77	0,39	0,65	0,33	5,40
Hg	0,29	0,95	0,33	0,05	0,10	0,10	0,29	0,05	2,14
K_Σ	5,88	6,32	6,52	2,73	4,62	2,76	5,74	3,02	

центрация мышьяка превышает российский ПДКп в 6 из 8 створов; возможно, это связано с устойчивостью его соединений. Высокая концентрация ртути в створе 2 может быть связана с близостью к точке пробоотбора железнодорожных путей, по которым ежедневно перевозят большое количество грузов, в том числе угля, который отличается повышенным содержанием ртути [10].

Для оценки загрязнения донных отложений тяжелыми металлами использовали так называемый коэффициент опасности:

$$K_{o_i} = C_i / \text{ПДК}_i,$$

где C_i – содержание i -го компонента, ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -го компонента. Опасность загрязнения тем выше, чем больше K_o превышает единицу. В табл. 7 и 8 представлены значения коэффициентов опасности тяжелых металлов при использовании российского ПДКп и чешского ПДКдо, соответственно. В данных таблицах также представлены суммарные индексы опасности ($K_{\Sigma} = \sum K_{o_i}$) по профилям (в конце столбцов) и веществам (в конце строк).

Исходя из индексов опасности, рассчитанных с использованием российского ПДКп (табл. 7), наиболее загрязненными являются

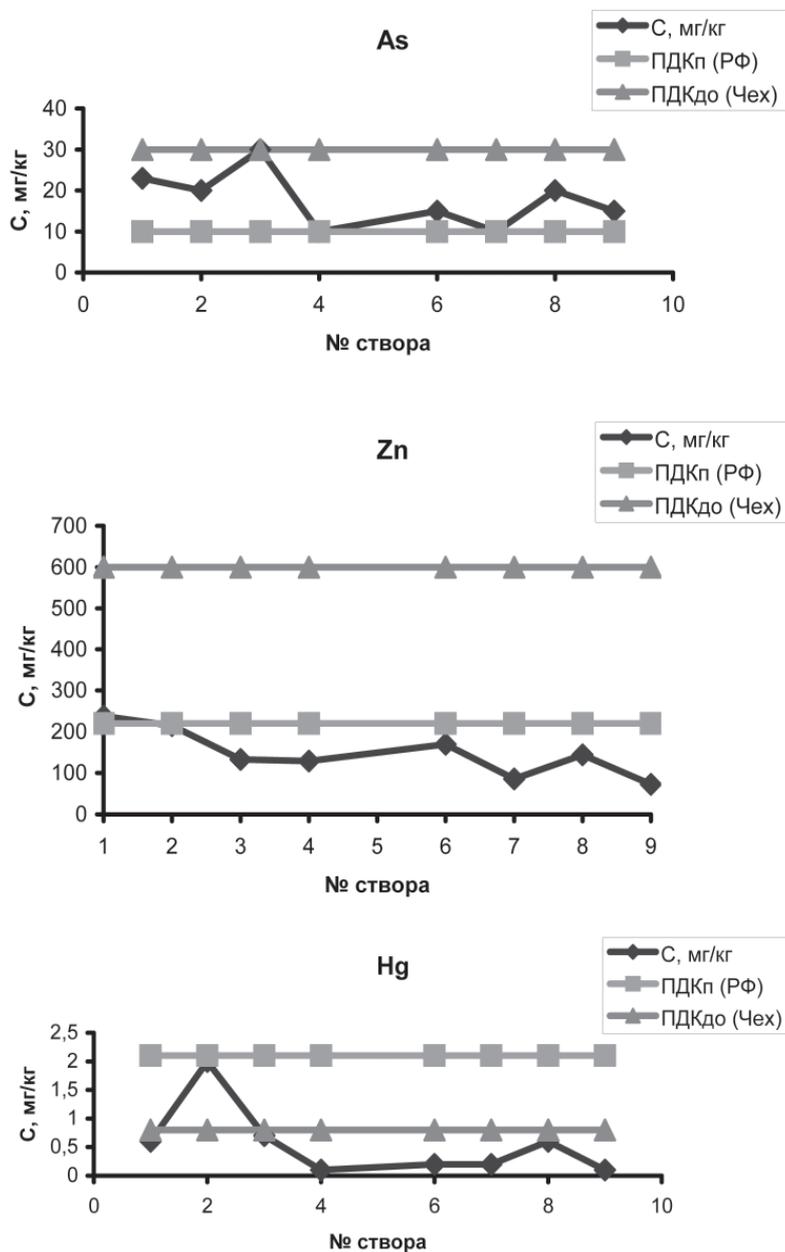


Рис. 3. Изменение концентраций тяжелых металлов в донных отложениях по течению р. Билина.

Таблица 8

Индексы опасности тяжелых металлов в донных отложениях (расчет по чешским ПДК [8])

Вещество	створ								
	1	2	3	4	5	6	7	8	K_{Σ}
As	0,77	0,67	1,00	0,33	0,50	0,33	0,67	0,50	4,77
Cd	0,32	0,48	0,20	0,00	0,40	0,20	0,60	0,20	2,40
Cu	0,41	0,32	0,73	0,17	0,38	0,21	0,70	0,18	3,10
Ni	0,53	0,54	0,51	0,39	0,51	0,33	0,48	0,28	3,55
Pb	0,40	0,47	0,61	0,22	0,35	0,12	0,32	0,25	2,74
V	0,56	0,54	0,67	0,34	0,57	0,37	0,66	0,24	3,94
Zn	0,40	0,36	0,22	0,22	0,28	0,14	0,24	0,12	1,98
Hg	0,75	2,50	0,88	0,13	0,25	0,25	0,75	0,13	5,63
K_{Σ}	4,12	5,87	4,82	1,79	3,24	1,95	4,41	1,89	

ся створы 1, 2 и 3, что может быть объяснено влиянием Ждирницкого ручья для створа 3 и протеканием реки в промышленной зоне Усти-над-Лабем для створов 1 и 2. Самыми опасными веществами являются мышьяк, цинк и ванадий, причем у мышьяка индекс опасности значительно выше, чем у остальных веществ. Наименее загрязнен створ 4, наименьшие значения индекса опасности для свинца. При использовании чешского ПДК донных отложений для расчета индексов опасности (табл. 8) результаты немного отличаются: наиболее загрязнены створы 2, 3 и 7, а наиболее опасными веществами являются ртуть, мышьяк и ванадий. Более низкий индекс опасности для створа 1 объясняется значительной разницей в российском и чешском нормативах для цинка. Створ 7 находится в урбанизированной части г. Мост, что объясняет относительно высокий индекс опасности. Появление в списке самых опасных веществ ртути и отсутствие там цинка также объясняется разницей в российском и чешском нормативах для этих веществ. Наименее загрязнен створ 4, наименьший индекс опасности у цинка. Из рис. 4 хорошо видна симбатность изменений суммарного индекса опасности тяжелых металлов в донных отложениях по течению р. Билина по российскому ПДКп и по чешскому ПДКдо.

Для проекта ревитализации была выбрана часть р. Билина, протекающая между Западным вокзалом г. Усти-над-Лабем и местом впадения в р. Лаба – наиболее урбанизированная территория протекания реки. Возможности для ревитализации существенно ограничены близостью к реке автострады с одной стороны и близостью железнодорожного вокзала со служебными помещениями, авторынка и других зданий с другой стороны (рис. 5). Так, например, невозможно меандрирование русла реки или обустройство детских игровых площадок на ее берегах. Тем не менее, могут быть осуществлены следующие мероприятия по ревитализации:

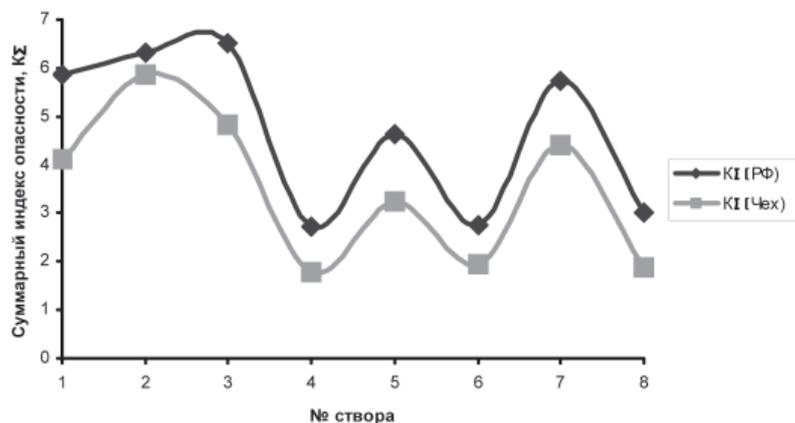


Рис. 4. Изменение суммарного индекса опасности тяжелых металлов в донных отложениях по течению р. Билина по российскому ПДКп и по чешскому ПДКдо.

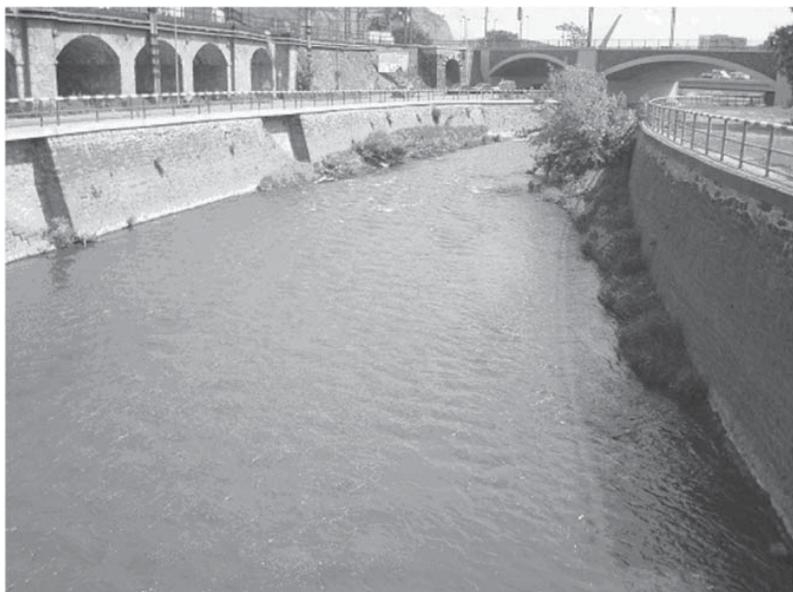


Рис. 5. Возможности для ревитализации ограничены в связи с близостью автострады и других объектов, но в некоторых местах растительность появилась естественным образом.

↓ **Рис. 6.** В связи с наличием природных плато по берегам реки возможно восстановление пешеходного пути.



1. Посадка по берегам реки газонной травы и восстановление пешеходного пути вдоль берегов реки – на берегах реки имеется природное плато, что позволяет восстановить пешеходный путь (рис. 6).

2. Очистка русла реки, и в особенности ее дна, от каменной кладки, что позволит уменьшить скорость течения реки, снизит риск возможной эрозии и восстановит обменные процессы в системе вода – донные отложения.

3. Обустройство мелководных зон у берегов реки с тростниковыми зарослями и другой растительностью (рис. 7-10). Также для придания руслу реки природного вида могут быть использованы стволы деревьев и небольшие камни, что одновременно создаст безопасные места для обитания рыб и восстановления их популяции.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что процесс самоочищения р. Билина, происходящий примерно последние 20 лет с момента прекращения использования реки в качестве места сброса неочищенных сточных вод близлежащими заводами, имеет высокую эффективность. Таким образом, процессы самоочищения малых рек не только возможны, но и реализуются достаточно быстро, хотя экосистема р. Билина до сих пор не оправилась от антропогенного воздействия. Очевидно, что при помощи мероприятий по ревитализации восстановление реки пойдет еще более быстрыми темпами.

Рис. 7-10. По берегам реки могут быть обустроены мелководные зоны с растительностью, мертвыми деревьями и мелкими камнями. →



Заключение

Проведена комплексная оценка текущего состояния р. Билина. Обследованы участки реки, как находящиеся в зеленых зонах (от ж/д станции Билина Киселка до магазина «Интерспар»), так и в промышленных зонах (от Западного вокзала г. Устинад-Лабем до места впадения в р. Лаба). Определены гидрологические и гидрохимические показатели реки, а также выполнен анализ донных отложений.

Вода р. Билина содержит тяжелые металлы и нефтепродукты в концентрациях, не превышающих российские или чешские нормативы, а донные отложения реки лишь немного загрязнены мышьяком, цинком и ртутью. Р. Билина является хорошим примером самоочищения водотоков.

Литература

1. M. Neruda et al. Environmental water management. Faculty of Environment, UJEP. 2010. P. 71-76.
2. Reuris – Revitalization of Urban River Spaces. Příklady dobré praxe. Statutární město Brno. 2009. P. 93-94.
3. River Skerne Brochure. The River Restoration Center. 1998. 6 p.
4. Федеральное агентство по рыболовству. Приказ №20 от 18.01.2010 «Об утверждении качества воды водных объектов рыбохозяй-

ственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

5. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

6. ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве».

7. ГН 2.1.7.2042-06 «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве».

8. Act N. 185/2001 Coll., about wastes.

9. Government regulation, N. 61/2003 Coll. about parameters of surface water pollution (name shortened). Novelization: N. 229/2007 Coll.

10. Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. Материалы Международного симпозиума (Москва, 7-9 сентября 2010 г.). – М.: ГЕОХИ РАН. 2010. 477 с.

11. Кленкин А.А. Современная характеристика донных отложений Азовского моря по степени загрязненности комплексом наиболее опасных токсикантов / А.А. Кленкин, Л.Ф. Павленко, И.Г. Корнакова, Е.И. Студеникина // Водные ресурсы. 2008. Т. 35. № 1. С. 88-92.



M. Neruda, D.A. Kramer, I.O. Tikhonova

CURRENT STATE OF RIVER BILINA IN CZECH REPUBLIC

Hydrological and hydrochemical survey of the river Bilina, as well as sediment contamination

assessment of the river have been performed.

Key words: field observations, bottom sediments, revitalization

