

УДК 550.424 : 502.55

ТРАНСЛОКАЦИЯ ПОЛЛЮТАНТОВ В СИСТЕМЕ ПОЧВА – ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ: КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

Шанина Е.В., Захарова О.Л., Голубничий А.А.

ФГБОУ ВПО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова»,
Абакан, e-mail: shaninalena@rambler.ru, olgazaharova4691@mail.ru

На основе полевых и лабораторных исследований, проведённых в 2012–2013 гг., были получены количественные оценки содержания тяжёлых металлов в почвах водоохранной зоны и поверхностных водах реки Абакан. Для данных поллютантов в почвах были зафиксированы концентрации, сопоставимые с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), для поверхностных вод исследуемого объекта – концентрации, превышающие нормативы предельно допустимых концентраций, принятые для рек категории рыбохозяйственного значения. Проведённый корреляционный анализ полученных данных свидетельствует о наличии существенной положительной связи между содержанием меди в почвах водоохранной зоны и поверхностных водах реки Абакан, что обуславливает возможность использования данного элемента в качестве диагностического при оценке состояния водных объектов.

Ключевые слова: поллютант, тяжёлые металлы, предельно допустимые концентрации, почва, поверхностные воды, транслокация, корреляционный анализ

TRANSLOCATION POLLYUTANTOV IN SYSTEM THE SOIL – THE SURFACE WATER: CORRELATION ANALYSIS

Shanina E.V., Zakharova O.L., Golubnichiy A.A.

The Khakass state university of N.F. Katanov, Abakan,
e-mail: shaninalena@rambler.ru, olgazaharova4691@mail.ru

On the basis of the field and laboratory researches conducted during 2012–2013 quantitative estimates of the content of heavy metals in soils of the water protection zone and a surface water of the Abakan River were received. For these pollyutants in soils the concentration comparable to maximum permissible concentration, for a surface water of the studied object – the concentration exceeding the standards of maximum permissible concentration accepted for the rivers of category of fishery value were recorded. The carried-out correlation analysis of the obtained data testifies to existence of essential positive communication between the content of copper in soils water protection of a zone and a surface water of the Abakan River that causes possibility of use of this element as a condition of water objects, diagnostic at an assessment.

Keywords: pollyutant, heavy metals, maximum permissible concentration, soil, surface water, translocation, correlation analysis

В городах интенсивность многолетнего техногенного воздействия и пространственная картина распространения загрязняющих веществ особенно чётко устанавливаются по химическому составу и геохимическим свойствам почв [8]. Однако абсолютное большинство загрязнителей, в том числе и тяжёлые металлы, обладают свойством трансграничного перехода из одной среды в другую. Количественные показатели переноса загрязнителей по природным компонентам становятся необходимыми при осуществлении прогнозных оценок состояния окружающей среды. Подобные исследования особенно актуальны в пределах водоохранных зон, формирование которых направлено на сохранение водного объекта и поддержание качества поверхностных вод в условиях влияния урбанизированной системы.

Цель данного исследования – выявить корреляционные зависимости транслокации загрязняющих веществ из почвенной среды в поверхностные воды в пределах водоохранной зоны реки Абакан, являющейся притоком реки Енисей.

Объектом исследования являются почвенный компонент геосистем, сформированных в пределах водоохранной зоны реки Абакан, и поверхностные воды данного водного объекта.

Исследования проводились в нижнем течении реки Абакан, в черте города Абакана на южной его окраине совместно с организацией ООО «ХАКАССТРОЙ-ИЗЫСКАНИЯ» в осенний период 2012–2013 гг. Данный водный объект является источником питьевого водоснабжения для населения города. Ширина реки здесь составляет 480 м. Река Абакан относится к водным объектам рыбохозяйственного значения, для которых, согласно статье 65 пункта 4 Водного кодекса РФ, предполагается наличие береговой водоохранной зоны в пределах 200 м [2]. В связи с этим на территории исследования была заложена транsekта, пересекающая русло реки в районе исследования и водоохранную зону реки в пределах левого и правого берегов. Схема расположения точек отбора проб представлена на рисунке.



Водный объект – река Абакан имеет длину 514 км, площадь бассейна – 32 тыс. км². По типу руслового процесса река относится к немеандрирующим. На протяжении реки наблюдаются участки с русловой много-рукавностью островно-осерёdkового типа [3]. В районе исследования имеется остров, образовавшийся благодаря выступам коренных пород с нагромождением крупно-обломочного материала и намывных осерёdkов. В питании реки основное участие принимают талые воды, формирующиеся в результате таяния сезонных снегов, дождевые осадки и подземные воды. Доля каждого источника питания в годовом стоке реки неодинакова. В среднем для снегового питания она составляет 40%, для дождевого и подземного – 41 и 19% соответственно. В основном такое питание характерно для всех рек региона. В засухливой Минусинской котловине половодье на реке после малоснежных зим бывает слабо выраженным по причине незначительности стока талых вод. Формирование весеннего половодья обычно протекает в течение прохождения четырёх волн тепла. При наступлении первой волны, характерной для конца марта – начала апреля, происходит вскрытие малых степных рек. В период второй волны (15–25 апреля) заканчивается

таяние снега в лесостепном районе и происходит вскрытие средних и больших рек, в т.ч. Абакана. Третья волна тепла, проходящая в середине мая, даёт иногда максимум весеннего половодья и, наконец, в конце мая – начале июня проходит четвёртая волна тепла, которая формирует основной пик весеннего половодья на реки Абакан и на ее горных притоках [3]. Формирование высоких половодий определяется главным образом большими запасами воды в снежном покрове и дружным таянием снега, особенно если этот процесс совершается в поздние сроки. К моменту прохождения пика весеннего половодья на реках сезонный слой промёрзшего грунта, как правило, не успевает оттаивать, что также существенно влияет на дружность половодья. При ранней и средней весне половодье обычно бывает недружным; грунт в это время успевает оттаять на большую глубину, что способствует увеличению потерь стока и снижает высоту весеннего половодья.

В летние периоды, особенно в июле и августе, на территории удерживаются сравнительно высокие температуры воздуха, причём наблюдающиеся в это время низкая относительная влажность и высокий дефицит влажности обуславливают повышенное испарение влаги с суши и водной поверхности. Это приводит к дефициту осадков и испарения, понижению коэффициента стока. Межень для реки характерна при наличии двух периодов низкого стока в течение года – летне-осеннего и зимнего.

В целом гидрологический режим водного объекта обуславливает характер переноса загрязнителей из почвенного компонента прибрежной территории в поверхностные воды.

На территории исследования сформированы естественные почвы, относящиеся к аллювиальному типу, присутствует и насыпной грунт. Аллювиальные почвы исследуемой территории характеризуются большой неоднородностью почвенного профиля и слоистостью аллювиальных отложений, представленных чередованием по вертикали песков и глин [5].

Насыпной грунт представлен галечниковым грунтом с песчаным заполнением до 21 %. Галька – мелкая и средняя. Мощность насыпного грунта варьирует от 4,0 до 5,86 м, при этом до глубины 0,7 м насыпной грунт представлен смесью почвы, суглинка, супеси с включением строительного мусора, гальки, щебня.

В пределах исследуемой территории могут развиваться процессы затопления поверхностными водами и речная эрозия, которые определяют транслокацию загрязнителей из одной среды в другую.

Результаты химического анализа почв свидетельствуют о том, что содержания под-

вижных форм тяжелых металлов, таких как свинец, мышьяк, кадмий и медь, в почвенном компоненте водоохранной зоны не превышают ПДК во всех точках отбора. Исключение составляет цинк. Цинк обнаружен в трёх пробах № 1, 3, 5. Данные точки приурочены как к левому, так и правому берегам реки Абакан, включая точку отбора, являющейся фоновой. При этом наибольшее его количество $10,8 \pm 3,8$ мг/кг установлено в пробе № 3, принадлежащей территории водоохранной зоны левобережья, а наименьшее – $1,6 \pm 0,8$ мг/кг наблюдается в пробе № 5, локализованной в пределах правобережья. Следует отметить то, что нормативы ПДК, установленные для почвы, всегда характеризуются большими значениями по сравнению с нормативами, принятыми по соответствующим ингредиентам для водной среды и особенно для поверхностных вод водных объектов рыбохозяйственного значения.

Анализ проб воды в реке Абакан свидетельствует о различном уровне превышения содержания такой группы загрязнителей, как тяжёлые металлы. Так, концентрация молибдена во всех точках составляет в среднем $0,04$ мг/дм³ и превышает норматив ПДК в 40 раз. Содержание меди варьирует от $0,0043$ до $0,0072$ мг/дм³ в створе левого берега, что выше ПДК в 2,1 и 3,1 раза соответственно. Содержание цинка, являющегося биогенным элементом, лежит в пределах от $0,013$ до $0,026$ мг/дм³. Превышение ПДК в 2 раза отмечено в створе левобережья, во всех других точках отбора концентрации цинка сопоставимы с нормативом, принятым для данного элемента, – $0,01$ мг/дм³. Незначительные превышения, сопоставимые с нормативом, зафиксированы для концентраций кобальта, железа общего и никеля. Содержание свинца – $0,0072$ мг/дм³, которое выше ПДК на 15 %, отмечается лишь в пробе воды, взятой у левого берега. В остальных точках концентрация свинца в поверхностных водах реки Абакан находится в пределах норматива. Для органических загрязнителей концентрации, превышающие нормативный показатель, зафиксированы лишь по фенолам и только в пробе № 2, находящейся в створе реки у левого берега. Содержание фенолов здесь составляет $0,0023$ мг/дм³. Это выше норматива в 2,3 раза. Превышение ПДК по азотной группе отмечается для иона аммония и для вод у правого берега реки на участке впадения Койбальской протоки. Содержание ионов аммония составляет $0,1$ мг/дм³, это в 1,6 раза выше норматива. Наличие ионов аммония в водах реки у правого берега может быть связано с присутствием населённого пункта, где распространены частные жилые постройки.

Для корреляционного анализа были использованы показатели концентраций

ингредиентов, относящихся к группе тяжёлых металлов одновременно присутствующих в почвах и поверхностных водах. Это – медь, цинк, свинец, железо. Корреляционный анализ выборки данных содержания загрязняющих веществ в различных природных компонентах исследуемой территории свидетельствует о наличии существенной положительной связи между кон-

центрацией меди в почвах водоохранной зоны и поступлением данного элемента в поверхностные воды реки Абакан. Коэффициент корреляции для данного ингредиента составляет 0,909940205, что позволяет использовать его в качестве индикационного при прогнозировании состояния водного объекта в условиях влияния городской системы (таблица).

Оценка корреляционной связи между содержанием поллютантов в почвах и их поступлением в поверхностные воды

Ингредиент	Коэффициент корреляции	Степень корреляционной зависимости [4]
Свинец	0,133626493	очень слабая
Железо	-0,438959431	умеренная
Цинк	-0,33083958	умеренная
Медь	0,909940205	сильная

Для таких элементов, как цинк и железо, коэффициент корреляции равен (-0,33083958) и (-0,438959431) соответственно, что свидетельствует об умеренной выраженности корреляционной зависимости их концентраций в почвах исследуемой территории и поверхностных водах реки Абакан. Слабая корреляционная связь между содержанием поллютанта в почве водоохранной зоны и поступлением его в поверхностные воды зафиксирована для свинца. Данный элемент способен накапливаться в природной среде – почве из-за невысокой его подвижности [8].

На основе вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Концентрации загрязнителей группы тяжёлых металлов в поверхностных водах превышают нормативы ПДК, установленные для водных объектов рыбохозяйственного значения.

2. Для почв водоохранной зоны содержания тяжёлых металлов сопоставимы с санитарно-гигиеническими нормативами, при этом почвы левобережья характеризуются более высокими значениями по сравнению с аналогами в правобережной части, что обусловлено влиянием города.

3. Для таких элементов, как свинец, железо, цинк и медь, выявлена корреляционная связь между их содержанием в почвах водоохранной зоны и поступлением в поверхностные воды реки Абакан. При этом существенная положительная связь зафиксирована для меди, что позволяет использовать данный элемент в качестве индикационного для прогнозных оценок состояния водных объектов в пределах влияния городской системы.

Работа реализована в рамках гранта Министрства образования и науки Республики Хакасия на выполнение прикладных исследований № 114082040020.

Список литературы

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.

2. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 г. № 74 – ФЗ (ред. от 28.06.2014). – 33 с.

3. Государственный водный реестр. р. Абакан. www.textual.ru (дата обращения 24.09.2014).

4. Ивантер Э.В., Коросов А.В. Элементарная биометрия. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. – 104 с.

5. Калганова Н.Ф. Технический отчет о комплексных инженерных изысканиях «Капитальный ремонт моста через р. Старый Абакан (левый, правый) на км 425+275 (автодороги Р-257 «Енисей» Красноярск – Абакан – Кызыл – граница с Монголией. Обход г. Абакан» в Республике Хакасия». Проектная документация. Рабочая документация 117/13-102. – Абакан: ООО «ХАКАССТРОЙИЗЫСКАНИЯ», 2013. – Т. 2. – 39 с.

6. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1990. – 352 с.

7. Резникова А.А., Муликовская Е.П., Соколов И.Ю. Методы анализа природных вод. – М.: Изд-во «Недра», 1970. – 488 с.

8. Янин Е.П. Ремедиация территорий, загрязнённых химическими элементами: общие подходы, правовые аспекты, основные способы (зарубежный опыт) // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2014. – Вып. № 3. – С. 3–105.

References

1. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv. M.: Idz-vo MGU, 1970. pp. 488.

2. Vodnyj kodeks Rossijskoj Federacii ot 03.06.2006 g. no. 74 – FZ (red. ot 28.06.2014). pp. 33.

3. Gosudarstvennyj vodnyj reestr. r. Abakan. www.textual.ru (accessed 24.09.2014).

4. Ivanter Je.V., Korosov A.V. Jelementarnaja biometrija. Petrozavodsk: Izd-vo PetrGU, 2010. pp. 104.

5. Kalganova N.F. Tehnicheskij otchet o kompleksnyh inzhenernyh izyskanijah «Kapital'nyj remont mosta cherez r. Staryj Abakan (levyj, pravyy) na km 425+275 (avtodorogi R-257 «Enisej» Krasnojarsk – Abakan – Kyzyl – granica s Mongoliej. Obhod g. Abakan» v Respublike Hakasijaj. Proektnaja dokumentacija. Rabochaja dokumentacija 117/13-102. Abakan: OOO «HakasSTROJIZYSKANIJJa», 2013. Vol 2. pp. 39.

6. Lakin G.F. Biometrija. M.: Izd-vo «Vysshaja shkola», 1990. pp. 352.

7. Reznikova A.A., Mulikovskaja E.P., Sokolov I.Ju. Metody analiza prirodnyh vod. M.: Izd-vo «Nedra», 1970. pp. 488.

8. Janin E.P. Remediacija territorij, zagraznjonnyh himicheskimi jelementami: obshhie podhody, pravovye aspekty, osnovnye sposoby (zarubezhnyj opyt). Problemy okruzhajushhej sredy i prirodnyh resursov. 2014. Issue. no 3. pp. 3–105.

Рецензенты:

Величко Н.А., д.т.н., профессор, зав. кафедрой ТЖЭМ и ПКП, Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск;

Рубчевская Л.П., д.х.н., профессор, Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск.

Работа поступила в редакцию 19.12.2014.