

*П. С. Латин<sup>1</sup>✉, С. Б. Бортникова<sup>1</sup>*

## **Река Малая Талмовая как каскад естественных отстойников отходов (Салаир, Кемеровская область)**

<sup>1</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН,  
г. Новосибирск, Российская Федерация  
e-mail: LapinPS@ipgg.sbras.ru

**Аннотация.** В последние годы исследованиям, связанным с получением новых данных по процессам, происходящим в отвалах с сульфидным содержанием отходов уделяется пристальное внимание. Определяется вертикальная зональность по элементному составу и содержанию газов в хвостохранилищах, а также осуществляется установление гидрохимических аномалий в ближайшей реке. Такая работа была проведена в пределах заброшенного хвостохранилища Салаирского горно-обогатительного комбината: Талмовские Пески. Выявлены места концентрации тяжелых металлов и распределение легких в соседней с ним р. Малая Талмовая. Выделяя гидрохимические аномалии, исследователи не задаются вопросом, почему тяжелые металлы концентрируются в конкретном месте, а не разносятся течением. В настоящей работе, для исключения данного пробела, проведены исследования, которые позволили предложить один из вариантов концентрации тяжелых металлов в конкретном месте р. Малая Талмовая. С этой целью осуществлен анализ рельефа земной поверхности на основе оценки деятельности эрозионно-денудационных процессов с привлечением показателя общего эрозионно-денудационного расчленения рельефа. Показатель позволяет оценить объем удаленного в процессе развития рельефа материала в рамках модели пенеппенизации территории при участии неотектонических движений. В результате выявлены перехваты реки, последовательность которых создает каскад естественных отстойников. Их наличие и не позволяет тяжелым металлам распространяться вдоль реки на большие расстояния.

**Ключевые слова:** хвостохранилище, гидрохимические аномалии, эрозионно-денудационные процессы, морфометрические методы

*P. S. Lapin<sup>1</sup>✉, S. B. Bortnikova<sup>1</sup>*

## **Malaya Talmovaya River as a cascade of natural waste settling tanks (Salair, Kemerovo region)**

<sup>1</sup> Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS), Novosibirsk, Russian Federation  
e-mail: LapinPS@ipgg.sbras.ru

**Abstract.** In recent years, close attention has been paid to research related to obtaining new data on the processes occurring in dumps with sulfide content. The vertical zonation is determined by the elemental composition and gas content in the tailings ponds, and hydrochemical anomalies are being identified in the nearest river. Such work was carried out within the abandoned tailings dump of the Salair Mining and Processing plant: Talmovskie Sands. The concentration of heavy metals and the distribution of light metals in the neighboring Malaya Talmovaya River have been identified. By highlighting hydrochemical anomalies, researchers do not ask why the concentration of heavy metals occurs in a particular location, rather than being carried by the current. In this paper, to eliminate this

gap, studies have been conducted that have allowed us to propose one of the options for the concentration of heavy metals in a specific location of the Malaya Talmovaya River. For this purpose, an analysis of the relief of the earth's surface was carried out based on an assessment of the activity of erosion-denudation processes using an indicator of the total erosion-denudation division of the relief. The indicator allows us to estimate the amount of material removed during the development of the relief within the framework of the model of penneplenization of the territory with the participation of neotectonic movements. As a result, river interceptions have been identified, the sequence of which creates a cascade of natural sedimentation tanks. Their presence prevents heavy metals from spreading along the river over long distances.

**Keywords:** tailings, hydrochemical anomalies, erosion and denudation processes, morphometric methods

### *Введение*

Ранее в работе [1] в пределах р. Малая Толмановая выделены гидрохимические аномалии, которые сформировались под действием водного потока в результате миграции токсичных элементов из хвостохранилища. Очень часто в бассейнах рек при выделении аномальных зон высокой концентрации токсичных веществ незначительное внимание уделяется обоснованию причин, приводящих к возникновению границ этих зон. Исходя из того, что водосборный бассейн — территория земной поверхности, с которой все поверхностные и грунтовые воды стекают в данный водоём или водоток, включая различные его притоки, актуальным являются исследования по обоснованию границ этих аномальных зон. Особенности развития рельефа могут изучаться с привлечением методов генетической морфологии и морфометрии, которые являются составной частью геоморфологических методов. Их применение позволяет в пределах изучаемого водосборного бассейна оценить неравномерность проявления тектонических движений на основе анализа результата взаимодействия эндогенных и экзогенных сил.

Целью настоящего исследования явилось установление связи между выделенными гидрохимическими аномалиями токсичных элементов и естественными перемычками русла, выявленными по результатам деятельности эрозионно-денудационных процессов в современном рельефе. Для достижения поставленной цели были решены задачи: 1) осуществлено районирование территории на основе анализа эрозионно-денудационного расчленения рельефа земной поверхности с привлечением показателя общего эрозионно-денудационного расчленения рельефа и 2) выделены аномальные зоны, характеризующие перемычки водного потока р. Малая Толмановая.

### *Объект исследования*

На реке Малая Талмовая, расположенной в Кемеровской области у г. Салаир, в следствии продолжительной работы Салаирского горно-обогатительного комбината было сформировано хвостохранилище Талмовские Пески, которое в настоящее время является заброшенным. Проблема связана с его разрушением и освобождением токсичных компонентов в окружающую среду [2-4]. В окрестностях хвостохранилища образуются аномалии металлов и металлоидов, как в поч-

вах [5], так и близлежащих водоемах [6,7]. По результатам проведенного опробования построена схема (рис.1).

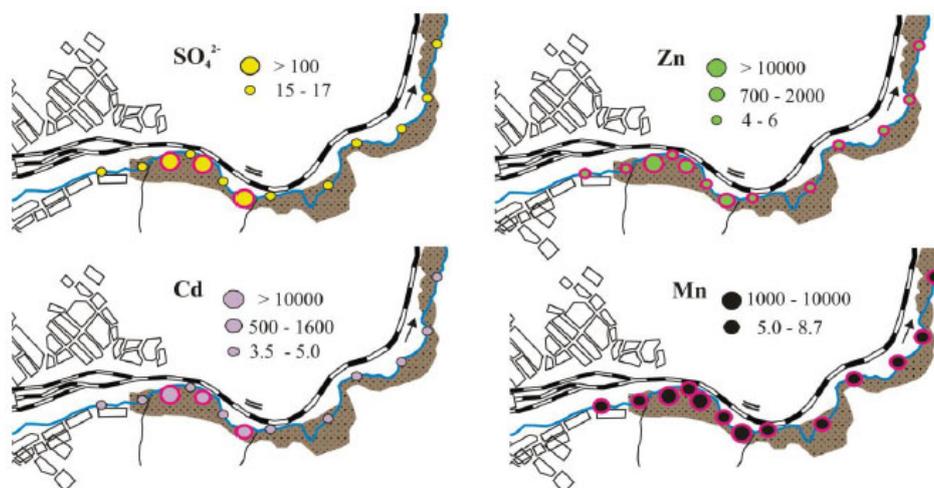


Рис. 1. Превышение концентраций некоторых элементов в воде р. М. Толмовой и в водоёмах на поверхности отходов над фоновыми значениями. Красным обведены точки, в которых содержание элемента превышает ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного назначения [1].

Анализ полученных результатов позволяет выявить одну интересную закономерность, а именно более тяжелые металлы оседают в реке в непосредственной близости от хвостохранилища, а более легкие разносятся водным потоком на большие расстояния. В настоящей статье предложен один из вариантов объяснения данной закономерности.

Для достижения поставленной цели использовали приемы и методы генетической морфологии и морфометрии, направленные на выявление глубинного эндогенного процесса, как составной части развития рельефа. Объектом исследования, в данном случае, выступает современный рельеф, который формируется под действием эрозионно-денудационных процессов от пенеплена до пенеплена при активном участии неотектонических движений.

### *Метод и обсуждение результатов*

В работе действие эрозионно-денудационных процессов оценивается с привлечением показателя общего эрозионно-денудационного расчленения рельефа. Применение этого показателя для решения ряда геоморфологических задач имеет давнюю историю [8-12]. В большинстве исследований этот показатель применялся для анализа приповерхностных процессов [13], что иногда приводило к неоднозначным результатам при их верификации с другими данными. В наших исследованиях этот показатель отражает глубинный процесс [13], поскольку в процессе развития рельефа под действием эрозионно-денудационных процессов вычисляется суммарный объем удаленного материала, который формируется под действием как глубинной, так и боковой эрозии.

Общий показатель эрозионно-денудационного расчленения вычислялся как произведение двух морфометрических показателей, которые традиционно используются в геоморфологии при описании форм рельефа [8], а именно показателей густоты и глубины эрозионно-денудационного рельефа. Показатель густоты рассчитывается как отношение длины всех временных и постоянных водотоков к площади морфотипа. Показатель глубины вреза гидросети рассчитывается как разность абсолютных отметок максимального значения в пределах водораздела к местному базису эрозии, отнесенная к площади морфотипа. В нашем случае морфотип – это комплексная характеристика локального представительного участка, в пределах которого присутствуют анализируемые морфометрические показатели. Представительный участок – это участок рельефа земной поверхности, в котором присутствуют элементы основной морфологической триады: «водораздел – склон – днище долины» [14,15].

В основу вычислений были положены данные о рельефе из каталогов GWRT (<https://www.gmrt.org>). Поскольку рельеф земной поверхности является непрерывным, а для построения модели проявления глубинного процесса необходим переход к дискретной его составляющей, то в нашем случае переход осуществлялся на основе задания дискретной составляющей – представительного участка, в пределах которого выбираются значения вышеперечисленных показателей. Представительный участок имеет форму квадрата со стороной 0.25 км. Всего выделено 768 квадратов. На основе полученной информации построена схема морфотипов (значения показателя отнесены к его центру) и на её основании - схема проявления глубинного процесса (рис.2).

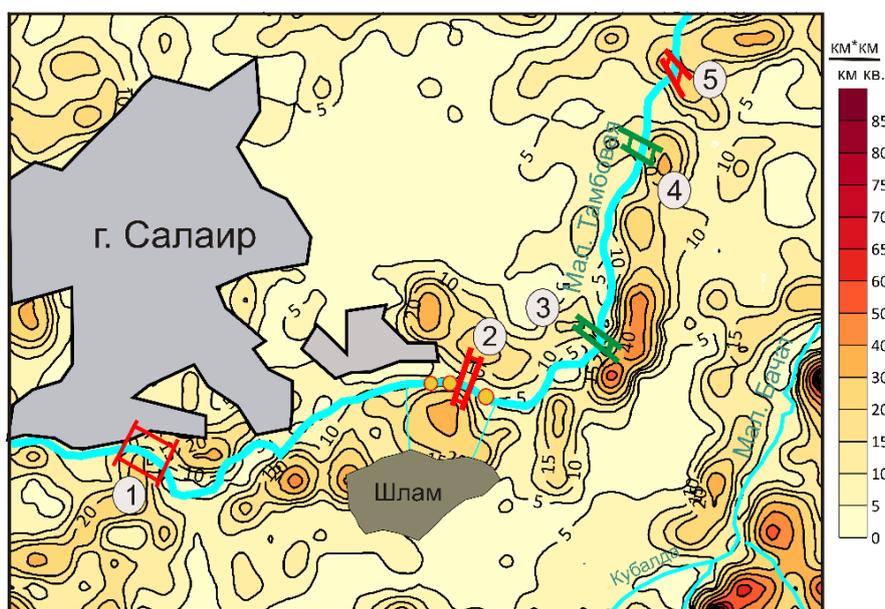


Рис.2. Схема новейших движений в современном рельефе земной поверхности в пределах хвостохранилища Талмановские Пески. Цифрами в кружках обозначены выявленные перехваты реки. Красным четырехугольником отмечены наиболее активно проявляющиеся участки реки. Зеленым четырехугольником – менее активный участки реки.

В пределах объекта исследования было выделено пять перехватов реки разной интенсивности. Перехваты №№ 1,2 и 5 более, а №№ 3 и 4 менее интенсивны. При сопоставлении полученных данных с гидрохимическими аномалиями сульфидных отходов в р. Малая Толмановая (рис. 2) можно отметить, что тяжелые металлы сгруппировались в районе перехвата реки №2, а более легкие распределяются по всему нижнему течению реки.

При этом, большее их количество отмечается выше по течению реки от перехвата, а незначительная концентрируется сразу же за ним. Такое расположение металлов возможно и объясняется работой водного потока на перехвате (перекате) (рис. 3).

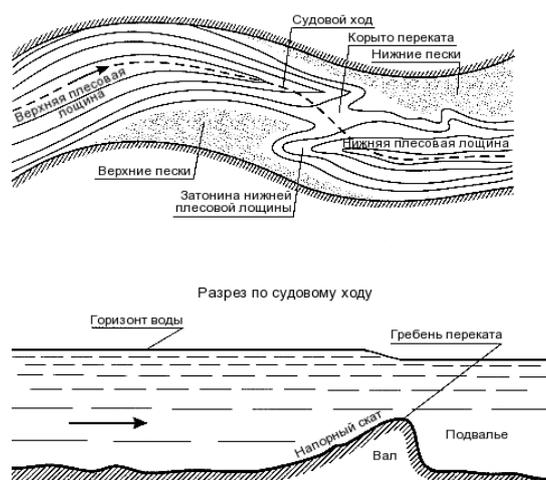


Рис.3. Принципиальная схема переката (перехвата) реки. Пояснения в тексте.

У горизонта воды скорость течения больше, чем у дна реки, что позволяет тяжелым металлам оседать на дне. Скорость течения у дна реки также зависит и от расстояния между перекатами. В нашем случае между перекатами №1 и №2. Вместе с тем, тяжелые металлы могут оседать и в подвалье (рис.3), что собственно мы и отмечаем. Можно предположить, что в данном случае осаждение тяжелых металлов связано с существованием перехватов, которые постоянно подновляются под действием глубинного эндогенного процесса. Системы выделенных перехватов можно представить как естественную систему городских очистных сооружений. Последние являются системой больших бетонных емкостей, в которых отстаиваются загрязнённые стоки, а вода постепенно переливается из одной ёмкости в другую.

### **Заключение**

В настоящей работе с привлечением методов генетической морфологии и морфометрии применительно к рельефу земной поверхности и в рамках неотектонического этапа предложен вариант локализации выявленных аномалий. Установлено, что в р. Малая Талмовая выявлена серия перехватов разной интенсивности глубинного эндогенного процесса. Эти перехваты создали систему каска-

дов и к одному из них приурочена аномальная зона тяжелых металлов. Легкие металлы разносятся водным потоком на большие расстояния и их концентрация в воде уменьшается. Нами получены первые результаты, позволившие объяснить локализацию тяжелых металлов в водном потоке. В дальнейшем, мы продолжим исследования на подобных объектах, что позволит набрать определенную статистику выявленной закономерности.

### *Благодарности*

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных научных исследований (ФНИ) №FWZZ-2022-0008.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бортникова С. Б., Юркевич Н. В., Еделев А. В., Саева О. П., Грахова С. П., Волынкин С. С., Карин Ю. Г. Гидрохимические и газовые аномалии на сульфидном хвостохранилище (Салаир, Кемеровская область) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332 – № 2. – С. 26-35.
2. Salomons W. Environmental impact of metals derived from mining activities: processes, predictions, prevention // Journal of Geochemical exploration. – 1995. – V. 52. – № 1–2. – P. 5–23.
3. Skousen J. G., Ziemkiewicz P. F., McDonald L. M. Acid mine drainage formation, control and treatment: Approaches and strategies // The Extractive Industries and Society. – 2019. – V. 6. – № 1. – P. 241–249.
4. Ofori-Sarpong G., Amankwah R. Potential of mine waste rock to generate acid mine drainage – a case study in south-western Ghana // New Frontiers in Natural Resources Management in Africa. – Cham: Springer, 2019. – P. 79–91.
5. Shen Z., Xu D., Li L., Wang J., Shi X. Ecological and health risks of heavy metal on farmland soils of mining areas around Tongling City, Anhui, China // Environmental Science and Pollution Research. – 2019. – V. 26. – № 15. – P. 15698–15709.
6. Minnaar A. Water pollution and contamination from gold mines: acid mine drainage in Gauteng Province, South Africa // Water, Governance, and Crime Issues. – Cham: Springer, 2020. – P. 193–219.
7. Nordstrom D. K. Hydrogeochemical processes governing the origin, transport and fate of major and trace elements from mine wastes and mineralized rock to surface waters // Applied Geochemistry. – 2011. – V. 26. – № 11. – P. 1777–1791.
8. Волков Н. М. Принципы и методы картометрии / Акад. наук СССР. Ин-т географии. Москва, Ленинград: Изд-во и 2-я тип., 1950. – 328 с.
9. Ананьев Г. С. Связь показателя глубины и густоты расчленения рельефа с проявлением новейшей тектоники // Вестник МГУ. Серия V. – 1966. – № 4. – С. 115-131.
10. Геворкян Ф. С. О комплексных морфометрических показателях для характеристики эрозионного расчленения в горных районах (на примере бассейна оз. Севаш в Армянской ССР) // Геоморфология. – 1972. – № 3. – С. 44-49.
11. Якименко Э. Л. Морфометрия рельефа и геология. – Новосибирск: Наука, 1990. – 201 с.
12. Копылов И. С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. – Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2019. – 131 с.
13. Тимофеев Д. А. Принципы типизации геоморфологических процессов // Геоморфология. – 2004. – №4. – С. 16-20.
14. Лапин П. С., Красавчиков В. О. Морфометрические показатели при анализе направленности эрозионного расчленения рельефа // Геология и геофизика. – 1990. – № 10. – С. 105-114.
15. Лапин П. С. Устойчивое развитие современного рельефа в зоне сочленения Чуйской и Курайской внутригорных впадин (Горный Алтай) // Региональные геосистемы. – 2022. – Т. 46. – № 1. – С. 26-39.