

3. Рекомендации по количественной оценке устойчивости оползневых склонов. ПНИИИС Госстроя СССР. М., Стройиздат, 1984.
4. СНиП 2.01.15-90. Инженерная защита территории, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования. Госстрой СССР М. ЦИТП, 1991 г.
5. ГОСТ 20522-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. Госстрой России. 1996 г.
6. ГОСТ 25100-96. Грунты. Классификация. Госстрой России. ПНИИИС. 1995 г

## ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В УЕЗДЕ ЧОДОНЬ (СЕВЕРНЫЙ ВЬЕТНАМ, ПРОВИНЦИЯ БАККАН)

Луен Ван Нгуен

Научный руководитель О.Г. Савичев

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия  
Email: OSavichev@mail.ru; luyennv@yahoo.com*

**Аннотация.** На основе результатов исследований, выполненных в 2010–2015 гг., получена общая характеристика гидрогеохимического условия в уезде Чодонь провинции Баккан, Вьетнам. Показано, что особенности пространственно-временных изменений химического состава подземных вод и поверхностных вод определяются геологическими условиями, внутригодовым распределением атмосферного увлажнения, а также локальным загрязнением окружающей среды в населённых пунктах и вблизи действующих и закрытых горнодобывающих предприятий. Наибольшие концентрации микроэлементов чаще всего отмечаются в пределах водосбора р. Бан Тхи, перспективного с точки зрения проведения геолого-разведочных работ, а внутри года – в период дождей.

**Abstract.** Based on the results of studies carried out during 2010-2015 received a general description of hydrogeochemical conditions in the county Cho Don Bak Kan province, Viet Nam. It is shown that the characteristics of spatial and temporal changes in the chemical composition of groundwater and river water determined by the geological conditions, the distribution of infra atmospheric moisture, as well as local pollution in populated areas and near existing and abandoned mining operations. The highest concentrations of trace elements often observed within the watershed district Ban Thi, promising in terms of exploration work, and within a year - during the rainy season.

### Введение

Исследования гидрогеохимических условий водных объектов имеют важное прикладное и фундаментальное научное значение, поскольку нацелены на определение геохимического фона и отклонений от него, а также выявление природных и антропогенных факторов формирования как фоновых, так и аномальных концентраций. Особенно актуальны подобные исследования в Юго-Восточной Азии, включая северную часть Вьетнама, где в условиях высокой плотности населения важность обеспечения экономики водой необходимого качества и сохранения окружающей среды многократно возрастают.

Цель работы: оценка современных гидрогеохимических условия поверхностных и подземных вод в уезде Чодонь провинции Баккан и его связи с гидрологическими и геоморфологическими условиями.

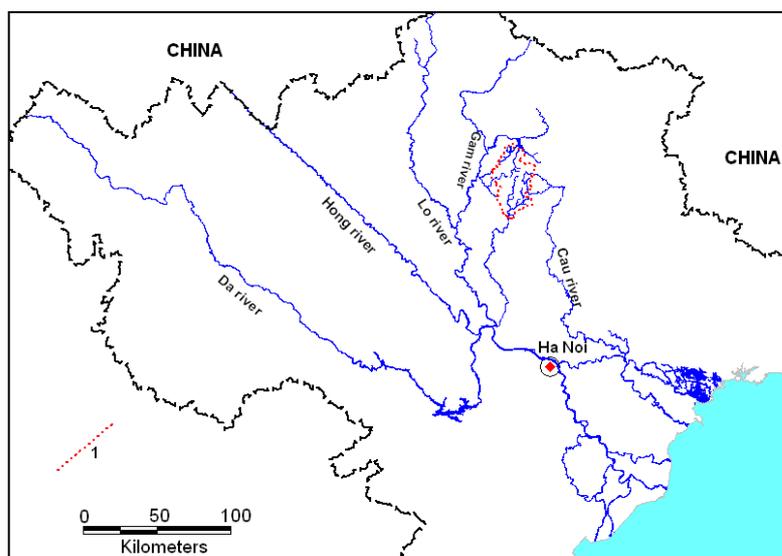
Основные задачи: 1) выявление основных особенностей химического состава и оценка качества поверхностных и подземных вод, района в уезде Чодонь при горнодобывающих; 2) выявление закономерностей изменения и условий формирования химического состава поверхностных и подземных вод, района в уезде Чодонь.

Исходные данные получены в результате: 1) полевых, лабораторных и камеральных работ в феврале 2015г.; 2) обобщения собственных данных и материалов

наблюдений за состоянием подземных вод в уезде Чодонь, выполненных в Департаменте природных ресурсов и охраны окружающей среды провинции Баккан и Вьетнамском Институте геологии и минеральных ресурсов в 2011- 2014 г [7,8].

#### **Объекты и методы исследования**

Объектами исследования являются подземные и поверхности воды верхней гидродинамической зоны в междуречье и на водосборах рек Бан Тхи, р.Кау, р.Тадиенг и р.Дай (рис. 1). В пределах водосборных территорий водоносные отложения нижнего и среднего девона представлены известняком, песчаником и мергелем; в долинах рек распространены аллювиальные отложения четвертичного возраста, сложенные песками, галькой, частично – суглинками и глинами.



*Рис. 1. Схема размещения района исследований (1) в границах уезда Чодонь*

Методика исследования включала: полевые работы по отбору 10 проб поверхности вод из слоя 0,3–0,5 м от поверхности в специально подготовленные ёмкости. 5 проб подземные вод из колодцев и скважин, глубина отбора водных проб от 3 до 44 м; лабораторные работы (выполнялись в аккредитованной гидрогеохимической лаборатории Томского политехнического университета); расчёты насыщенности вод относительно ряда минералов и органоминеральных соединений, которые присутствуют или могут присутствовать в подстилающих отложениях (с использованием программного комплекса Solution+ [9]); расчёты гидрологических и гидроморфологических характеристик и статистический анализ взаимосвязей между ними и гидрохимическими показателями. Более подробно методика исследований описана в [10–12].

#### **Результаты исследования**

Природные условия формирования поверхностных и подземных вод рассматриваемой территории весьма разнообразны (на территории низовья реки Дай, (юго-восток уезда), породами в основном являются кварциты, серицитовые сланцы и песчаные алевритовые, размещающиеся в формации Фу Нгы; в верховьях реки Дай распространены сульфидные руды (коммуна Бан Тхи и верховье реки Дай)), что определяет соответствующие различия в их химическом составе.

Анализ имеющихся данных показал, что изученные подземные воды по условиям залегания – грунтовые; в соответствии с классификациями О.А. Алёкина [2] по минерализации – «пресные» со средней и реже – малой минерализацией, по

химическому составу – гидрокарбонатные кальциевые; по величине pH – слабокислые и нейтральные; по жёсткости – от очень мягких до умеренно жёстких, содержат незначительное количество органических веществ по перманганатной окисляемости. В ряде случаев выявлено значительное превышение нормативов хозяйственно-питьевого водоснабжения, установленных по величине pH и содержанию Fe, Zn, Cd, Mn, As, Si, Al [12]. Этот факт объясняется, видимо, как наличием ореолов техногенного рассеяния, сформировавшихся при добыче свинцово-цинковых руд в водосборе р. Бан Тхи, так и более высоким природным «фоновым» содержанием ряда химических элементов в горных породах и подземных водах, которые с ними взаимодействуют.

Подземные воды района исследований в целом не насыщены относительно первичных алюмосиликатов и незначительно пересыщены относительно кварца, в ряде случаев – относительно кальцита. Подземные воды не насыщены и относительно цинксодержащих минералов, что подтверждает сделанный выше вывод о связи концентраций этого и, видимо, ряда других элементов с интенсивностью водообмена.

Изученные поверхностные водные объекты относятся к категории «малых» рек с расходами воды до 41 м<sup>3</sup>/с. Поверхностные воды по классификациям О.А. Алёкина [2] в целом пресные с малой и средней минерализацией, гидрокарбонатные кальциевые первого, второго и третьего типов, по величине pH воды нейтральные и слабощелочные, по жёсткости – от очень мягких до умеренно жёстких, по величине перманганатной окисляемости – с очень малой окисляемостью, по содержанию органических и биогенных веществ – бета-мезосапробного класса. Превышение российских нормативов качества воды в объектах хозяйственно-питьевого назначения наблюдается также по содержанию веществ 1–2 класса опасности в 8 пробах из 10. Нарушение российских рыбохозяйственных нормативов в большинстве случаев отмечается по содержанию Cu, Pb, Al, Zn, Fe. Превышения вьетнамских нормативов качества вод не отмечены, но, с учётом повышенных концентраций ряда токсичных микроэлементов, а также результатов сравнения с российскими нормативами, общее состояние изученных речных вод в феврале 2015 г. оценивается как неудовлетворительное с точки зрения обеспечения хозяйственно-питьевых нужд [10].

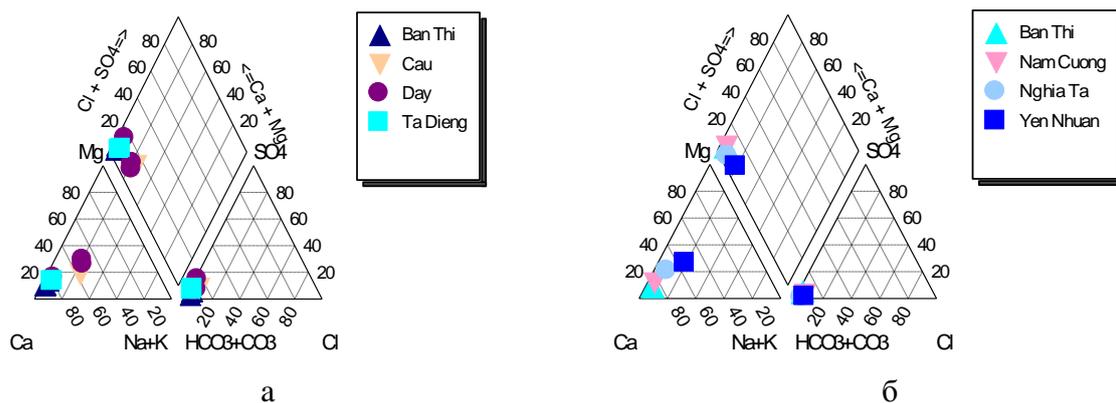


Рис. 2. Отношения Катион - аниона в главной реке (а) и в подземных водах (б)

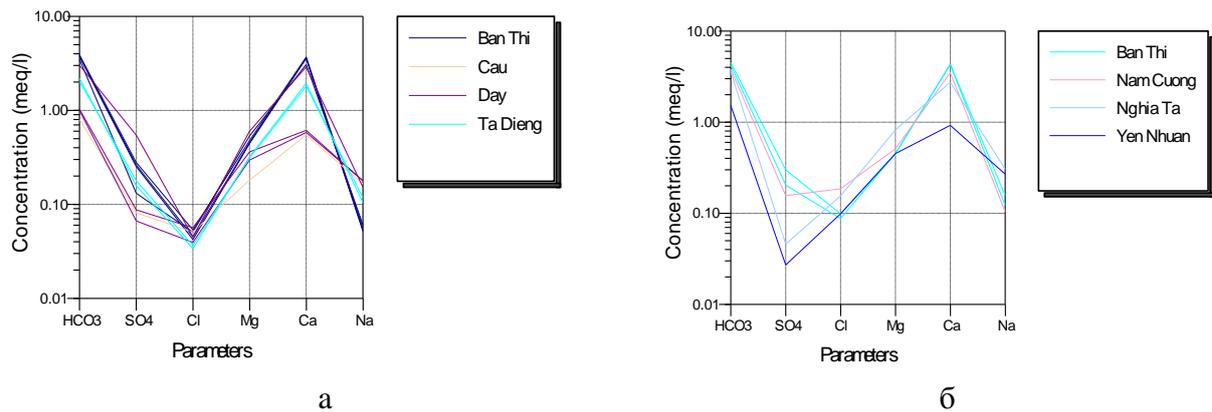


Рис. 3. Катион и анион распределение в бассейне (а) и в подземных водах (б)

Поверхностные воды повсеместно способны растворять первичные алюмосиликаты с образованием глинистых минералов и пересыщены относительно кварца. Пересыщение относительно карбонатных минералов характерно для водосбора реки Бан Тхи и верховий реки Дай [10].

Корреляционные связи между гидрохимическими, гидрологическими и гидроморфологическими показателями в целом относительно слабые, что в ряде случаев объясняется не отсутствием связей как таковых, а их нелинейностью. В целом, можно отметить, что суммарное содержание растворённых солей, концентраций Zn и Pb возрастает с [10, 11]: а) увеличением уклонов водотоков и гидроморфологического показателя  $K_T$  (рис. 4); б) уменьшением их длины и доли водосбора с речной сетью (рис. 5).

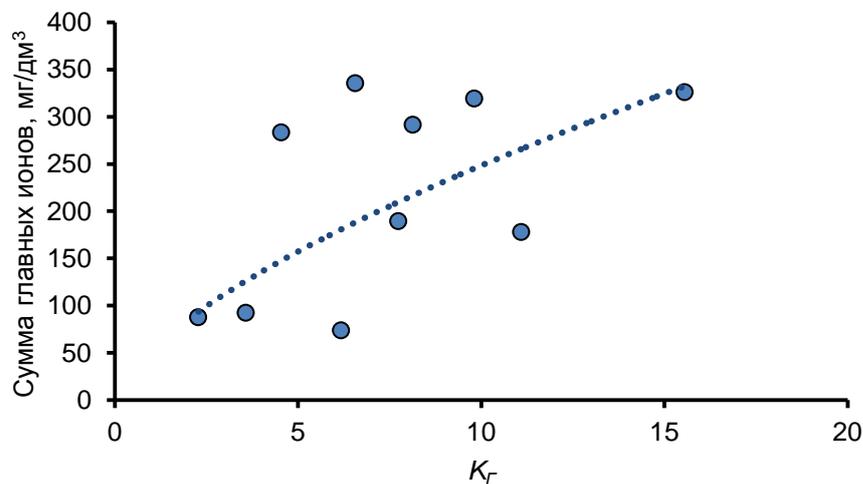


Рис. 4. Зависимость суммы главных ионов  $\Sigma_{mi}$  от гидроморфологического показателя

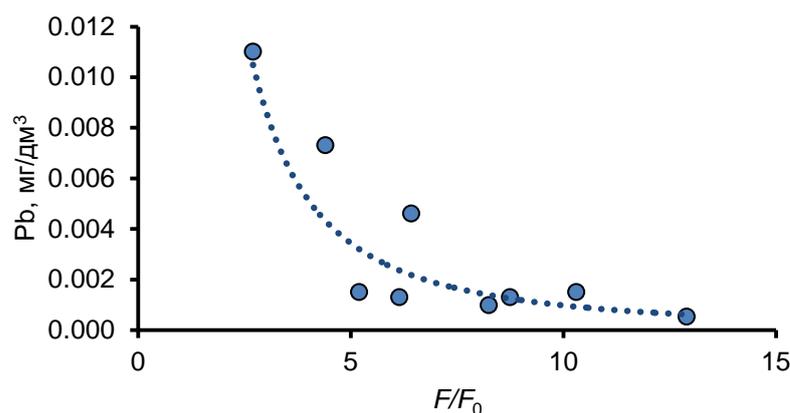


Рис. 5. Зависимость концентраций Pb от соотношения суммарной площади водосбора  $F$  и площади верховий без речной сети  $F_0$  ( $R^2=0,73$ )

Наиболее высокие концентрации изученных микроэлементов часто отмечаются в месяцы с максимальным атмосферным увлажнением, хотя имеются и определённые отличия, связанные с приуроченностью к первой или второй половине периода дождей. Объём имеющихся данных не очень велик (до 39 проб). Тем не менее, в первом приближении можно сделать вывод, что в первом случае в подземных водах района исследований наиболее вероятно обнаружение повышенных концентраций Cu, Cd, Pb, а во втором – Zn, Mn, Hg, As (рис. 6).

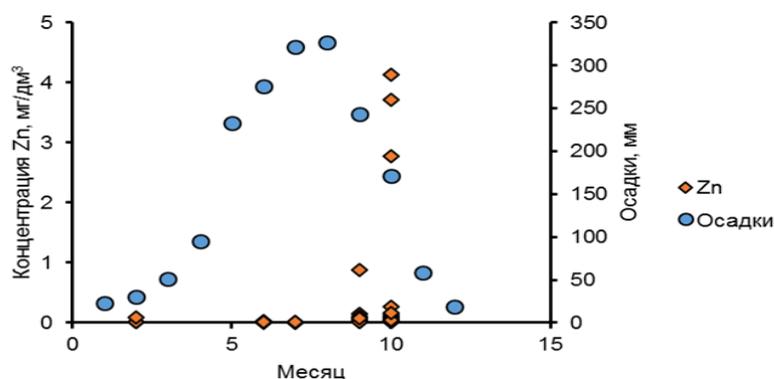


Рис. 6. Внутригодовое распределение концентраций Zn в подземных водах водосбора р. Бан Тхи за 2010–2015 г

Во внутригодовом изменении удельной электропроводности и общего содержания растворённых солей в подземных статически значимые связи со средними значениями атмосферных осадков или номером гидрологического года не выявлены, что связано, предположительно, наложением двух разнонаправленных процессов: 1) увеличением времени взаимодействия воды и горных пород в «сухой» сезон; 2) усилением во время продолжительных дождей выноса веществ, ранее накопленных на поверхности водосборов и в водоносных отложениях.

### Заключение

Поверхностные воды района в уезд Чодоне характеризуются как пресные с низким содержанием органических веществ и относительно повышенным содержанием ряда металлов (Zn, Pb, Fe, Al). С учётом этого повышенные концентрации Zn, Pb, Fe, Al объясняются преимущественно влиянием природных факторов, что, безусловно, не

исключает возможности загрязнения поверхностных вод в результате текущей и ранее осуществлявшейся хозяйственной деятельности.

Подземные воды района в уезд Чодоне, характеризуются в целом как пресные, гидрокарбонатные кальциевые, слабокислые или нейтральные. В ряде случаев они содержат Fe, Zn, Cd, Mn, As, Al, Si в количестве, заметно превышающем установленные в Российской Федерации и Вьетнаме нормативы хозяйственно-питьевого водопользования. Особенности пространственно-временных изменений химического состава подземных вод определяются геологическими условиями, внутригодовым распределением атмосферного увлажнения, а также локальным загрязнением окружающей среды в населённых пунктах, вблизи действующих и закрытых горных предприятий. Наибольшие концентрации микроэлементов чаще всего отмечены в пределах водосбора р. Бан Тхи, перспективного с точки зрения проведения геолого-разведочных работ, а внутри года – в период дождей.

### *Литература*

1. Nash J.E., Sutcliffe J.V. River flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles // Journal of Hydrology, 1970, 10 (3), p. 282–290.
2. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоздат. 1970. – 444 с.
3. Вода. Общие требования к отбору проб. ГОСТ Р 51592-2000. – М.: Издательство стандартов, 2000. – 34 с.
4. Дао Мань Тиен. Методология и особенности геохимической специализации гранитоидных формаций Северного Вьетнама: диссертация ... кандидата геолого-минералогических наук: 04.00.08 Баку: Азербайджанский гос. ун-т, 1984. – 198 с.
5. До Ван Фи, Хоанг Минь, До Ван Ай. Первые результаты использования геохимического моделирования в исследовании свинцово-цинковой зоны на юге уезда Чодонь // Геология и минералы. – 2000. – № 7, С. 235-250. / на вьетнам. яз.
6. Методические указания. Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков. РД 52.24.622–2001. – М.: Фед. служба России по гидрометеорологии и мониторингу окр. среды, 2001. – 68 с.
7. Нгуен Мань Ха, Ву Тхань Хай, За Динь Тхай, Тханг Тхи Минь Хень. Ежегодный мониторинг окружающей среды в провинции Баккан. 2013–2014 гг. // Баккан: Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды провинции Баккан. JSC “Environment analyzing and technique”, 2014. – 372 192с. / на вьетнам. яз.
8. Нгуен Хонг Куанг, Тонг Тхи Тху Ха, Та Хунг Кыонг, Тхан Ван Кет, Фам Дык Чонг. Оценка текущего состояния окружающей среды в горнодобывающей промышленности в Северо-Восточной районе (Вьетнам). – Ханой: Институт геологических наук и минеральных ресурсов, 2011. – 118 с. / на вьетнам. яз.
9. Савичев О. Г., Колоколова О. В., Жуковская Е. А. Состав и равновесие донных отложений р. Томь с речными водами // Геоэкология. – 2003. – № 2. – С. 108–119.
10. Савичев О.Г., Нгуен В.Л. Гидроэкологическое состояние междуречья рек Гам и Кау (Северный Вьетнам) // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – Т. 326. – №7, С. 96-103.
11. Савичев О.Г., Нгуен В.Л. О методике определения фоновых и аномальных значениях гидрохимических показателей // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – Т. 326. – №9, С. 133-142.
12. Савичев О.Г., Луен Ван Нгуен. Химический состав и качество подземных вод в междуречье рек Гам и Кау (Северный Вьетнам) // Вестн. Том. гос. ун-та. 2015. № 398.
13. Строкова Л.А., Фи Х.Т. Особенности инженерно-геологических условий г. Ханой (Вьетнам). – Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2013. – 336 с.