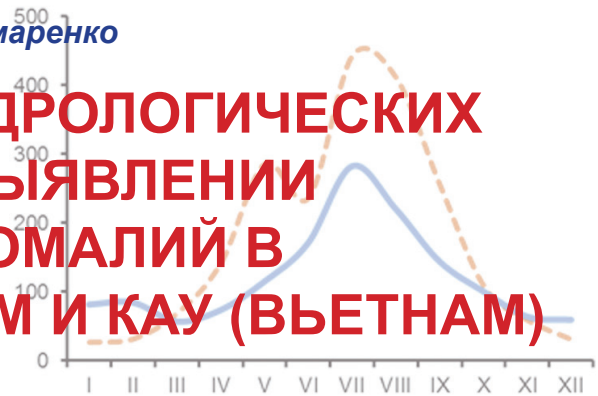


УДК 556.5:550.4

© О.Г. Савичев, Нгуен Ван Луен, В.А. Домаренко

О.Г. Савичев, Нгуен Ван Луен, В.А. Домаренко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ В МЕЖДУРЕЧЬЕ РЕК ГАМ И КАУ (ВЬЕТНАМ)



Введение

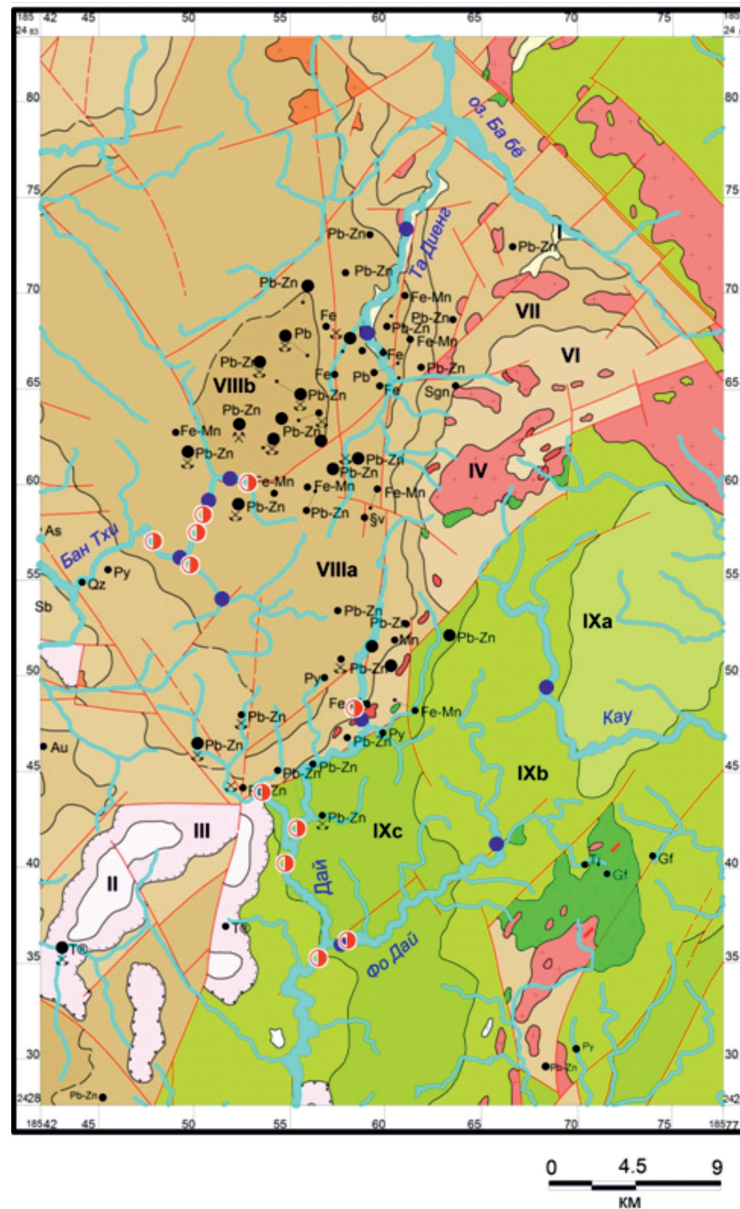
Выявление геохимических аномалий и анализ условий их формирования представляет собой важный этап поисков полезных ископаемых и решения различных задач в области охраны окружающей среды [3, 9, 16, 17]. Один из аспектов этого анализа заключается в изучении водно-эрозионных образований и водно-миграционных потоков с целью оценки параметров геохимических ореолов и соотношения процессов аккумуляции и выноса веществ из геосистем разного уровня [7, 8, 20, 29], причем во многих случаях основное внимание уделяется исследованию химического состава подземных вод и условиям разгрузки [26, 28]. Имеется большое количество работ, посвященных изучению условий взаимодействия речных и морских вод, химического состава донных отложений поверхностных водных объектов суши, влиянию русловых процессов на формирование природных и антропогенных геохимических аномалий [2, 11-13, 15, 23, 25, 27]. Однако роль гидрологических условий в формировании геохимических аномалий в зоне гипергенеза изучена недостаточно полно, что и определило цель исследования – определение влияния гидрологических факторов на состояние водных объектов и обоснование соответствующих критериев выделения геохимических аномалий.

В качестве объектов исследования выбраны малые реки в административном отношении – в уезде Чодонь провинции Баккан Социалистической республики Вьетнам, в географическом – в северной части р. Хонг (р. Красная), в межуречье притоков р. Хонг – рек Гам и Кау (реки Дай, Фо Дай, Намду, Бан Тхи, Ченгу, Та Диенг, Кау). В геологическом строении исследуемого района принимают участие осадки трех структурных этажей, залегающих на допалеозойском гранитно-метаморфогенном основании нижнего структурного этажа, не вскрытом в пределах площади (рис. 1). Образования нижнего и среднего структурных этажей слагают крупную грабен-синклинали, выполненную осадками ордовик-силурийского и девонского возрастов. Строение грабен-синклинали

осложнено наложенными субизометричными впадинами, выполненными осадками верхнего структурного этажа верхнетриасового возраста, расположенными на юго-западе территории. Осадочные комплексы прорваны разновозрастными, сложно построенными интрузивами габбро-гранитной серии верхнепалеозойского и мезо-кайнозойского этапов тектоно-магматической активизации. Разновозрастные и разноориентированные тектонические структуры определяют мозаично-блоковое строение района и являются благоприятной основой для развития речной сети территории. Металлогенический облик района определяется наличием значительного количества проявлений и мелких месторождений свинца, цинка, железа, марганца, по-видимому, стратиформных [4, 14].

Исходные данные и методика исследований

Исходными данными послужили материалы гидрогеохимических исследований, проведенных в Томском политехническом университете (ТПУ) в 2015-2016 гг. Методика исследования включала в себя: 1) отбор в меженьный период проб речных вод: 14-16.02.2015 г. – 10 проб речных вод (рр. Бан Тхи, Ченгу, Дай, Фо Дай, Кау, Та Диенг); 19-20.2016 г. – 11 проб речных вод и донных отложений водотоков (рр. Дай, Фо Дай, Намду, Бан Тхи, Ченгу); пробы речных вод отбирались из слоя 0,2-0,5 м от поверхности в специально подготовленные емкости; отбор проб донных отложений проводился из верхнего слоя 0,2 м с помощью донного щупа (в тех же точках, где выполнялся отбор речных вод); 2) измерение расходов воды; 3) определение химического состава речных вод, водных вытяжек из донных отложений (фракция менее 0,5 мм) в аккредитованной гидрогеохимической лаборатории ТПУ; методика изложена в [22]; 4) статистический анализ полученных данных, включая исключение экстремальных значений в соответствии с [18], расчет средних геометрических значений G и верхнего предела погрешности их определения G_{up} согласно [6]:



I – *четвертичные отложения*: нелитифицированные, галька, гравий, глины, ил; (aQ); *верхний структурный этаж*, формация Van Lang: II – *верхняя субформация* (T_3n-gv_1), конгломераты, гравелиты, песчаники с прослоями иллитовых глинистых сланцев; III – *нижняя субформация* ($Tn-gv_1$) переслаивание глинисто-серцитовых сланцев и кварцитовидных песчаников с тонкими прослоями известняков; IV – интрузивный комплекс Phia Bios (γT_3nrb), гранодиориты порфириовидные биотитовые граниты, аплиты, пегматиты; V – Интрузивный комплекс Nui Chua ($vTnnc$), габбро-перидотиты, габбро, троктолиты, габбро-пироксениты, габбро-нориты, габбро-пегматиты; *средний (девонский) структурный этаж*: VI – формация Khao Loc, *верхняя субформация* ($D_{1-2}kl_2$) – черные известняки, мергели; *нижняя субформация* ($D_{1-2}kl_1$) – глинисто-серцитовые сланцы, кварцитовидные песчаники с тонкими прослоями известняков; VII – Формация Mia Le; *Верхняя субформация* (D_1ml_2) – песчаники, известняки, мергели, переслаивающиеся с глинистыми сланцами и известковистыми филлитами; *нижняя субформация* (D_1ml_1) – глинистые, мергелистые сланцы, глинистые известняки и аргиллиты; VIII – Формация Pia Phuong: а – *верхняя субформация* (D_1pp_2) – серцит-кварцевые сланцы, риолитовые, кварц-альбитофировые туфы, мраморы; б – *нижняя субформация* (D_1pp_1) – глинисто-серцитовые сланцы, черные битуминозные аргиллиты, филлиты, доломитовые известняки и мраморы; IX – *нижний (ордовикский) структурный этаж*, формация Phu Ngu: а – *верхняя субформация* ($O_3-S_1pn_1$) – кварцевые песчаники, кварциты, с прослоями биотит-андалузит-кордиеритовых сланцев; б – *средняя субформация* ($O_3-S_1pn_2$) – черные глинисто-кремнистые сланцы, туфоалевролиты, линзы известняков; в – *нижняя субформация* ($O_3-S_1pn_3$) – сланцы, песчаники с тонкими прослоями кремнистых аргиллитов, известковых алевролитов, туфобрекчий; \square – габброиды; \oplus – крупнозернистые граниты; \oplus – мелкозернистые граниты; \ – тектонические нарушения; месторождения – ●; проявления – ● : а) \otimes – действующие, б) \otimes – отработанные: Pb-Zn – свинец – цинк; Fe – железо; T(R) – уголь; Py – пирит; §v – известняк; Sgn – глины для производства кирпича и плитки; пункты отбора геохимических проб: 1 – ●; 2 – ● (1 – в 2015 г., 2 – в 2016 г.)

Рис. 1. Схема геологического строения района исследований по данным Нгуен Кинг Нуок [14] с дополнениями авторов

$$G_{up} = G \cdot \exp\left(\frac{3 \cdot \sigma_{ln}}{\sqrt{N}}\right), \quad (1)$$

где σ_{ln} – среднее квадратическое отклонение логарифмов концентрации вещества; N – объем выборки; 5) геоинформационный анализ территории, оценка и анализ гидроморфологических показателей.

Геоинформационный и гидрологический анализ основывался на следующих допущениях: 1) густота речной сети (отношение суммарной длины всех водотоков к площади водосбора) интерпретируется как вероятность направленного (руслового) движения поверхностных вод по водосбору $P(r)$, а плотность распространения тектонических нарушений в пределах водосбора (отношение суммарной длины нарушений к площади водосбора) – как вероятность $P(f)$; 2) вероятность совмещения речной сети и тектонических нарушений $P(r \cdot f)$ в случае независимости друг от друга оценивается как произведение $P(r)$ и $P(f)$, а в случае зависимых величин – по формуле (2):

$$P(r \cdot f) = P(r|f) \cdot P(f) = P(f|r) \cdot P(r), \quad (2)$$

где $P(r|f)$ и $P(f|r)$ – условные вероятности [22]; 3) между концентрациями вещества в воде или донных отложениях, слоем водного стока и площадью водосбора при определенных условиях [21] существует связь, ориентировочно имеющая вид:

$$C = C_0 \cdot \frac{Y_0}{Y} \cdot \left(\frac{F_0}{F}\right)^k, \quad (3)$$

где C, Y, F – концентрация вещества (мг/дм^3 или мг/кг), слой водного стока (мм) и площадь водосбора (км^2) в расчетном створе; C_0, Y_0, F_0 – концентрация вещества (мг/дм^3 или мг/кг), слой водного стока (мм) и площадь водосбора (км^2) в истоках реки без выраженной русловой сети; k – эмпирический коэффициент; 4) анализ взаимосвязанности геологических, геоморфологических и гидрологических процессов сводится к оценке вероятностей $P(r), P(f), P(r \cdot f), P(r|f)$, площадей F_0 и F , соответствующих им значений Y и Y_0 , расчету коэффициентов корреляции, погрешностей их определения и выявлению регрессионных зависимостей, которые признавались удовлетворительными при условии $R^2 > 0,36$, где R^2 – квадрат корреляционного отношения [10].

В рассматриваемой работе длины водотоков, площади водосборов, протяженность тектонических нарушений и участков совпадений речных долин и тектонических нарушений определялись по цифровым топографической (масштаб 1:50 000) и геологической (масштаб 1:200 000) картам северной части Вьетнама в формате MapInfo с учетом [19]. Совпадение оценивалось по огибающей кривой, которая проводилась по излучинам реки с учетом ширины долины и удвоенной погрешности определения

расстояния по карте в размере 0,5 мм в масштабе карты [25]. Результаты определения морфометрических характеристик исследуемых рек приведены в табл. 1, совмещенная схема речной сети и тектонических нарушений – на рис. 1. При расчете слоя стока рассматривались два варианта: 1) $Y_0 \approx Y$; 2) величина Y_0 определяется для конкретной реки путем аппроксимации линии нелинейного тренда, полученного по данным измерений расходов воды.

Результаты исследования

Отбор проб воды и донных отложений выполнялся в меженный период, когда водный сток рек формируется в основном за счет притока подземных вод (рис. 2). Речные воды в этот период, по классификации О.А. Алекина [1], характеризуются как пресные с минерализацией от очень малой до средней, гидрокарбонатные кальциевые первого, второго и третьего типов; по величине рН воды – нейтральные и слабощелочные (табл. 2). Водные вытяжки из донных отложений в целом характеризуются как пресные, гидрокарбонатные кальциевые третьего типа, слабощелочные, по сравнению с речными водами содержат заметно большее количество Zn и Pb (табл. 2, 3).

Анализ полученных данных позволил выявить статистически значимые связи между условной вероятностью приуроченности речной сети к тектоническим нарушениям $P(r|f)$ и концентрациями веществ в речных водах и донных отложениях (рис. 3), причем также обнаружена связь между условной вероятностью $P(r|f)$ и эмпирической вероятностью концентраций (рис. 4). Удовлетворительная сходимость измеренных и расчетных концентраций Zn и Pb в речных водах и донных отложениях достигнута и при использовании зависимости (3) как для случаев, когда $Y_0 \approx Y$ [22], так и для расчетных значений Y_0 (рис. 5). В последнем случае получены более точные оценки, но использование этого способа возможно только при наличии не менее двух измерений расходов воды на исследуемой реке.

В целом на территориях водосборов изученных рек, где ведется добыча свинцово-цинковых руд, пункты с повышенными концентрациями Zn, Pb и некоторых других элементов приурочены, с одной стороны, к участкам совмещения речной сети, часть водотоков которых приурочено к тектоническим нарушениям, контролирующим размещение свинцово-цинковых проявлений и месторождений, что объясняется усилением выноса химических элементов из рудных тел. С другой стороны, повышение концентраций этих элементов относительно локального геохимического фона в целом тем выше, чем обширнее слабо дренируемая площадь водосбора

Таблица 1

Морфометрические характеристики рек Бантхи, Ченгу, Дай, Фо Дай, Намду, Та Диенг, Кау

№	Река	Куда впадает	L , км	F , км ²	F_U , км ²	$L(r)$, км	$L(r, f)$, км	$L(f)$, км
NM 03	Бантхи	р. Гам	5,6	23	7	10,1	3,5	4,8
NM 05a	Бантхи	р. Гам	7,9	54	20	18,5	9,8	11,0
NM 02	Бантхи	р. Гам	10,6	119	27	47,1	13,3	19,1
M1604	Бантхи	р. Гам	3,68	16,1	4	9,1	2,5	3,8
M1603	Бантхи	р. Гам	7,84	71,4	20	19,4	9,8	11,0
M1602	Бантхи	р. Гам	8,99	75,4	27	20,5	9,8	11,0
M1601	Бантхи	р. Гам	13,14	134	27	74,6	13,3	19,1
NM 01	Ченгу	р. Бантхи	6,5	43	7	22,3	3,5	8,1
M1605	Ченгу	р. Бантхи	7,98	48	7	24,6	3,5	8,1
NM 05в	Дай	р. Ло	13,8	45	7	13,9	8,6	11,6
M1611	Дай	р. Ло	16,12	43,8	7,7	14,5	8,6	11,6
M1609	Дай	р. Ло	29,57	110,5	12	34,5	15,8	30,6
M1608	Дай	р. Ло	32,82	164,8	13	63,4	27,9	58,6
M1607	Дай	р. Ло	41,68	182,3	23	135,8	41,3	87,6
M1610	Намду	р. Дай	11,32	40,8	6	22,6	7,5	30,0
NM 11	Фо Дай	р. Дай	13,3	33	4	17,0	0,1	0,8
NM 09	Фо Дай	р. Дай	26,5	129	10	64,4	12,1	26,0
M1606	Фо Дай	р. Дай	32,9	129	10	63,9	11,6	25,5
NM 13	Кау	р. Красная	15	78	15	26,1	6,8	13,0
NM 15	Та Диенг	оз. Бабе	12,7	105	12	30,8	11,2	37,3
NM 17	Та Диенг	оз. Бабе	19,3	134	13	42,1	14,4	47,4

Моделирование геообъектов и геопроцессов

Примечание: L – длина реки от истока до створа; F – площадь водосбора; F_U – площадь водосбора в истоках реки без выраженной русловой сети; $L(r)$ – протяженность русловой сети в пределах водосбора в створе пункта пробоотбора; $L(f)$ – протяженность тектонических нарушений в пределах водосбора в створе пункта пробоотбора; $L(r, f)$ – протяженность совпадающих русловой сети и тектонических нарушений

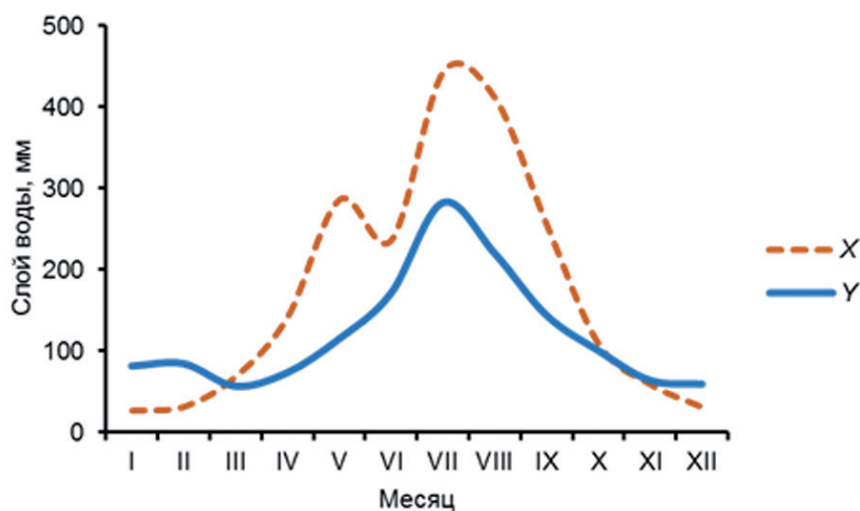


Рис. 2. Внутригодовое распределение слоя атмосферных осадков (X) и водного стока (Y) реки Гам в створе Чемхоа в среднем за многолетний период

Моделирование геообъектов и геопроцессов

Таблица 2

Химический состав речных вод в междуречье рек Гам и Кау

№	Объект*	Дата отбора	Водосбор реки	pH	мг/дм ³				мкг/дм ³					
					$\Sigma_{ми}$	NO_2^-	NH_4^+	Si	Fe	Al	Cu	Zn	Cd	Pb
NM03	р. Бан Гхи (5,6)	14.02.15	Бан Гхи	7,70	335,7	0,044	0,210	4,33	0,130	0,040	2,0	140,0	0,44	18,0
NM05a	р. Бан Гхи (7,9)	14.02.15	Бан Гхи	8,00	319,9	0,028	0,150	4,18	0,100	0,143	2,2	80,0	0,15	11,0
NM02	р. Бан Гхи (10,6)	14.02.15	Бан Гхи	8,00	326,3	0,033	0,170	4,58	0,130	0,253	1,1	51,0	0,09	7,3
M1604	р. Бан Гхи (3,7)	19.02.16	Бан Гхи	7,53	309,6	0,010	0,025	4,87	0,098	0,011	0,3	15,1	0,10	7,8
M1603	р. Бан Гхи (7,8)	19.02.16	Бан Гхи	7,47	315,9	0,500	0,025	3,85	0,062	0,009	0,5	74,8	0,40	12,1
M1602	р. Бан Гхи (9,0)	19.02.16	Бан Гхи	8,00	333,3	0,010	0,025	3,97	0,060	0,005	0,3	70,6	0,12	4,7
M1601	р. Бан Гхи (13,1)	19.02.16	Бан Гхи	7,61	318,4	0,010	0,025	4,53	0,089	0,011	0,4	48,1	0,14	5,4
NM01	р. Ченгу (6,5)	14.02.15	Бан Гхи	8,03	292,1	0,010	0,140	4,93	0,170	0,155	2,1	8,6	0,02	1,3
M1605	р. Ченгу (8,0)	19.02.16	Бан Гхи	7,50	290,0	0,010	0,025	4,99	0,172	0,016	0,4	1,3	0,02	2,2
NM05b	р. Дай (13,8)	15.02.15	Дай	7,75	283,6	0,010	0,120	7,01	0,120	0,142	1,8	58,0	0,13	4,6
M1611	р. Дай (16,1)	20.02.16	Дай	7,51	277,0	0,010	0,025	6,42	0,196	0,030	1,4	89,1	0,50	58,7
M1609	р. Дай (29,6)	20.02.16	Дай	7,87	231,0	0,010	0,025	7,07	0,125	0,013	0,6	3,6	0,04	4,8
M1608	р. Дай (32,8)	20.02.16	Дай	7,89	224,7	0,010	0,025	5,96	0,138	0,008	0,5	2,3	0,04	2,4
M1607	р. Дай (41,7)	20.02.16	Дай	7,60	193,3	0,010	0,025	7,87	0,365	0,024	2,5	3,6	0,03	3,0
M1610	р. Намлу (11,3)	20.02.16	Дай	7,52	264,5	0,010	0,025	5,01	0,067	0,003	0,4	7,5	0,08	0,6
NM11	р. Фо Дай (13,3)	15.02.15	Дай	7,45	87,7	0,041	0,120	10,42	0,480	0,328	2,0	6,7	0,10	1,0
NM09	р. Фо Дай (26,5)	16.02.15	Дай	7,40	92,6	0,031	0,180	11,29	0,230	0,070	1,1	8,5	0,30	0,5
M1606	р. Фо Дай (32,9)	20.02.16	Дай	7,12	102,6	0,010	0,025	9,73	0,662	0,018	0,8	1,1	0,02	0,4
NM13	р. Кау (15,0)	16.02.15	Кау	7,50	74,0	0,044	0,150	8,91	0,250	0,404	1,7	6,8	0,02	1,5
NM15	р. Та Диенг (12,7)	16.02.15	Та Диенг	7,50	178,3	0,027	0,190	7,44	0,190	0,141	1,9	29,0	0,03	1,3
NM17	р. Та Диенг (19,3)	16.02.15	Та Диенг	7,80	189,6	0,053	0,150	6,58	0,150	0,172	2,2	8,3	0,03	1,5
$G_{гр}$				-	300,9	0,026	0,111	7,50	0,172	0,078	1,6	34,1	0,09	5,0

Примечания: * в скобках приведены расстояния от истока до створа, км; $\Sigma_{ми}$ – сумма концентраций главных ионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^-); $G_{гр}$ – верхний предел определения среднего геометрического по формуле (1)

Таблица 3

Химический состав водных вытяжек из донных отложений рек в междуречье рек Гам и Кау

№	Объект*	Дата отбора	pH	Σ _{ми}	мг/кг				мкг/кг				
					NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	Si	Fe	Al	Cu	Zn	Cd	Pb
M1604	р. Бан Тхи (3,7)	19.02.16	7,55	499,4	0,95	20,85	13,25	12,54	3,03	98	2020	8,3	1430
M1603	р. Бан Тхи (7,8)	19.02.16	7,95	679,9	0,95	1,60	11,21	6,54	2,51	340	3690	19,0	4070
M1602	р. Бан Тхи (9,0)	19.02.16	7,85	762,0	0,15	3,75	6,35	1,88	0,85	140	1520	4,9	1530
M1601	р. Бан Тхи (13,1)	19.02.16	7,75	862,9	2,50	17,50	12,03	1,60	1,30	120	270	2,1	180
M1605	р. Ченгу (8,0)	19.02.16	7,80	806,4	0,50	10,60	8,43	0,61	0,30	100	33	0,3	27
M1611	р. Дай (16,1)	20.02.16	7,40	1922,4	1,10	39,00	13,70	1,66	0,23	54	180	1,7	180
M1609	р. Дай (29,6)	20.02.16	7,60	915,1	0,40	22,00	15,56	1,54	0,78	99	53	1,0	100
M1608	р. Дай (32,8)	20.02.16	7,60	782,0	0,45	20,25	11,10	3,10	0,37	100	97	1,6	140
M1607	р. Дай (41,7)	20.02.16	7,65	751,6	0,65	23,40	9,99	2,13	0,32	99	46	1,0	59
M1610	р. Намлу (11,3)	20.02.16	8,00	434,5	0,45	5,25	9,70	3,16	1,47	84	170	3,9	170
M1606	р. Фо Дай (32,9)	20.02.16	7,50	383,3	0,55	29,70	12,14	3,21	2,41	39	15	0,2	37
G _{ср}			–	883,4	0,93	31,28	13,69	3,89	2,00	126	634	3,7	572

Примечания: * в скобках приведены расстояния от истока до створа, км

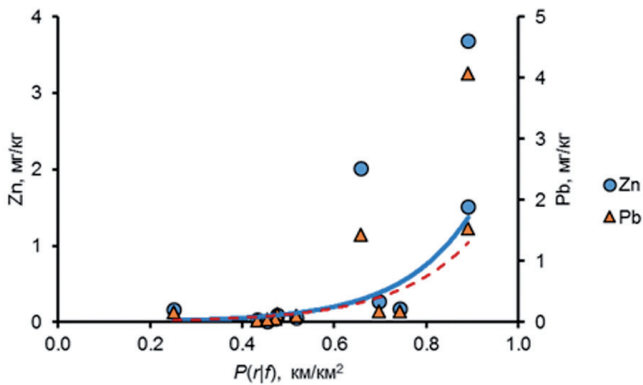


Рис. 3. Зависимость между условной вероятностью $P(r|f)$ и содержаниями Zn и Pb в водных вытяжках из донных отложений малых рек; линии тренда: сплошная линия синего цвета – $Zn = 0,00393 \cdot \exp(6,57655 \cdot P(r|f))$, $R^2 = 0,55$; пунктир коричневого цвета – $Pb = 0,00626 \cdot \exp(5,98780 \cdot P(r|f))$, $R^2 = 0,57$

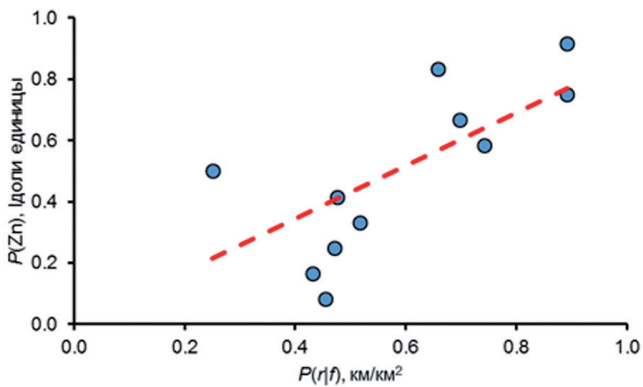


Рис. 4. Зависимость между эмпирической вероятностью концентраций Zn в донных отложениях и условной вероятностью $P(r|f)$; $P(Zn) = 0,86 \cdot P(r|f)$, $R^2 = 0,53$

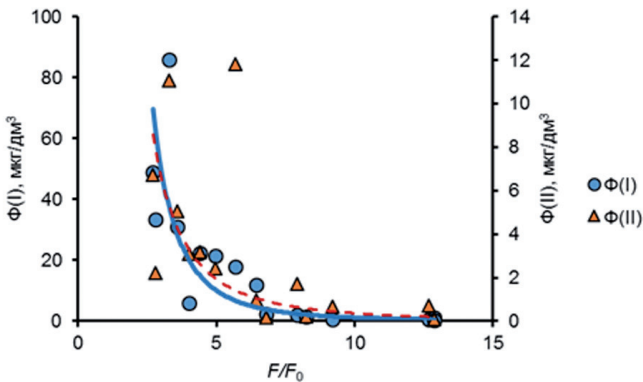


Рис. 5. Зависимость между функциями содержаний $C(Zn)$ и $C(Pb)$ в речных водах и соотношением площадей F/F_0 ; линии тренда: сплошная линия синего цвета – $\Phi(I) = C(Zn) \cdot Y/Y_0 = 1575,540 \cdot (F/F_0)^{-3,140}$, $R^2 = 0,83$; пунктир коричневого цвета $\Phi(II) = C(Pb) \cdot Y/Y_0 = 95,211 \cdot (F/F_0)^{-2,422}$, $R^2 = 0,63$

в районе проявлений и чем ближе аномалия находится от предприятий по добыче и переработки руд.

Выявленные зависимости удовлетворительно описывают распределение химических элементов в водных объектах на разном удалении от предприятий по добыче и обогащению свинцово-цинковых руд. Так, изъятие из выборки значений, полученных вблизи от горно-обогатительных фабрик (NM03, NM05_a, M1603, M1611) не привело к изменению условия $R^2 > 0,36$ и формы линии связи. Коэффициенты корреляции между условной вероятностью $P(r|f)$ и содержанием составляют для: 1) Zn в речных водах – по полной выборке $0,73 \pm 0,16$, для сокращенной $0,73 \pm 0,12$; 2) Zn в водных вытяжках из донных отложений – по полной выборке $0,70 \pm 0,16$, для сокращенной $0,68 \pm 0,18$; 3) Pb в речных водах – по полной выборке $0,44 \pm 0,18$, для сокращенной $0,74 \pm 0,11$; 4) Pb в водных вытяжках из донных отложений – по полной выборке $0,69 \pm 0,16$, для сокращенной $0,74 \pm 0,18$.

Основное отличие заключается, главным образом, в более высоких значениях вблизи предприятий.

Заключение

Изучение распределения геохимических показателей речных вод и отложений в районе проявлений Zn и Pb в междуречье рек Гам и Кау показало, что вероятность обнаружения аномальных концентраций указанных элементов резко возрастает при условии $P(r|f) > 0,6$ и $F/F_0 < 6-7$. Это позволяет использовать величины F/F_0 , $P(r|f)$, $P(r|f) - P(r) \cdot P(f)$ в качестве дополнительных гидрологических индикаторов увеличения вероятности выявления геохимических аномалий в северной части Вьетнама. Их физический смысл заключается в том, что: 1) первичный ореол рассеяния над рудным телом максимально сохраняется при минимальной дренированности территории; 2) на размещение вторичных ореолов рассеяния оказывают влияние близость ослабленных тектонических

зон и действующих горнорудных предприятий. Указанные показатели имеют вероятностную природу и могут эффективно использоваться только в комплексе с другими методами поисков полезных ископаемых и решения геологических задач.

Ключевые слова: гидрологические показатели, свинцово-цинковые руды, геохимические аномалии, Вьетнам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л. : Гидрометеоиздат, 1970. – 444 с.
2. Виноградова О.В., Хмелева Н.В. Русловые процессы и формирование аллювиальных россыпей золота. – М. : МГУ, 2009. – 171 с.
3. Головин А.А., Москаленко Н.Н., Ачкасов А.И. и др. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:200 000. – М. : ИМГРЭ, 2002. – 92 с.
4. Дао Мань Тиен. Методология и особенности геохимической специализации гранитоидных формаций Северного Вьетнама : дис. ... канд. геол.-минер. наук : 04.00.08. – Баку : Азербайджанский гос. ун-т, 1984. – 198 с.
5. Зверев В.П. Массопотоки подземной гидросферы. – М. : Наука, 1999. – 97 с.
6. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. – М. : Недра, 1965. – 228 с.
7. Кирюхин В.А. Проблемные вопросы гидрогеохимических исследований // Гидрогеохимические поиски месторождений полезных ископаемых / под ред Е.В. Пиннекера. – Новосибирск : Наука, 1990. – С. 5-10.
8. Колотов Б.А. Гидрогеохимия рудных месторождений. – М. : Недра, 1992. – 93 с.
9. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. – М. : Наука, 2004. – 677 с.
10. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления водохозяйственными системами. – М. : Наука, 1982. – 271 с.
11. Лисицын А.П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. – 1994. – Т. 34. – № 5. – С. 735-747.
12. Лукин А.А. Морфоструктурно-гидрогеологический анализ проявления скрытых и открытых очагов разгрузки подземных вод в зоне интенсивного водообмена при гидрогеохимических поисках // Гидрогеохимические поиски месторождений полезных ископаемых / под ред Е.В. Пиннекера. – Новосибирск : Наука, 1990. – С. 44-52.
13. Михайлов В.Н. Гидрологические процессы в устьях рек. – М. : ГЕОС, 1997. – 172 с.
14. Нгуен Кинг Куок. Карта геологических условий и минеральных ресурсов в масштабе 1:200 000. Лист провинция Баккан F48-XV : на вьетнам. яз. – Ханой :

Главное управление геологии и полезных ископаемых Вьетнама, 2001.

15. Никаноров А.М., Страдомская А.Г. Химический состав органических и минеральных веществ иловых отложений незагрязненных водных объектов // Водные ресурсы. – 2006. – Т. 33. – № 1. – С. 71-77.
16. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. – М. : Высш. шк., 1975. – 342 с.
17. Поликарпочкин В.В. Вторичные ореолы и потоки рассеяния. – Новосибирск : Наука, 1976. – 407 с.
18. Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков. Методические указания. РД 52.24.622-2001. – М. : Росгидрометслужба, 2001. – 68 с.
19. Руководство по определению гидрографических характеристик картометрическим способом. – Л. : Гидрометеоиздат, 1986. – 93 с.
20. Савенко В.С. Геохимические проблемы глобального гидрологического цикла // Проблемы гидрологии и гидроэкологии / под ред. Н.И. Алексеевского. – М. : МГУ, 1999. – С. 48-72.
21. Савичев О.Г., Домаренко В.А. Закономерности изменения химического состава речных отложений и их использование в поисках полезных ископаемых // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6 (3). – С. 520-525.
22. 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.
23. Страховенко В.Д. Геохимия донных отложений малых континентальных озер Сибири : автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук. – Новосибирск : ИГМ СО РАН, 2011. – 30 с.
24. Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов : ВСН 163-83. – М. : Госкомгидромет, 1985. – 142 с.
25. Чалов Р.С. Русловые процессы и гидроэкологическое состояние рек и приречных территорий // Проблемы гидрологии и гидроэкологии / под ред. Н.И. Алексеевского. – М. : МГУ, 1999. – С. 348-366.
26. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М. : Недра, 1998. – 366 с.
27. Янин Е.П. Техногенные геохимические ассоциации в донных отложениях малых рек. – М. : ИМГРЭ, 2002. – 52 с.
28. Lerman A. Geochemical Processes: Water and Sediment Environments / A. Lerman. – New York : Wiley-Interscience Public., 1979. – 481 p.
29. Water Quality Assessments. A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring. – 2nd edition / Ed. by D. Chapman ; UNESCO/WHO/UNEP. – London : Chapman & Hall, 1996. – 651 p.