

УДК 550.42:577.4 (571.1)

ЗОНАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СИБИРИ И УСЛОВИЯ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ

О.Г. Савичев, Фунг Тхай Зыонг

Томский политехнический университет

E-mail: OSavichev@mail.ru

Выполнен анализ геохимических данных о химическом составе донных отложений малых и средних рек Сибири в пределах тундры, лесотундры и тайги. Получены средние значения концентраций 21 химического элемента. Установлено, что в направлении от тундры до тайги возрастает содержание большинства изученных химических элементов. В пределах тундры наиболее высокие концентрации большинства изученных элементов отмечены в почвах, а в тайге – в донных отложениях рек.

Ключевые слова:

Донные отложения, малые и средние реки, химический состав, зональные изменения, Сибирь.

Key words:

River sediments, small and average rivers, chemical compound, zone changes, Siberia.

Введение

Химический состав донных отложений поверхностных водотоков является важной интегральной характеристикой состояния экосистем водосборных бассейнов любых размеров, необходимой для решения чрезвычайно широкого спектра научных и прикладных проблем – от реализации сельскохозяйственных мероприятий и поисков полезных ископаемых до разработки теории формирования их месторождений и прогноза изменений окружающей среды. С учётом этого интерес к различным аспектам изучения донных отложений не ослабевает в течение последних десятилетий во всём мире, в том числе при исследовании геосистем азиатского континента [1].

Проводятся исследования в области геохимии и геоэкологии речных отложений и в Сибири [2–7]. Тем не менее, изученность Азии в целом и Сибири в частности имеет дискретный характер и в настоящее время не может считаться удовлетворительной при решении задач оценки, прогноза и моделирования состояния водных экосистем. Недостаточно полно изучены и зональные закономерности изменения концентраций микроэлементов в речных отложениях, что и определило цель рассматриваемой работы.

Методика исследования и исходные данные

Методика исследования базируется на использовании ландшафтно-геохимического и географо-гидрологического методов с учётом опыта региональных обобщений по Сибири, выполненных ранее Д.В. Московченко [7], Е.Г. Нечаевой [8], Н.П. Солнцевой [9], А.И. Сысо [10] и коллективом авторов из различных институтов Сибирского отделения Российской академии наук [11]. Алгоритм исследования включал обобщение и анализ опубликованных материалов [4, 6, 12, 13], полученных в Томском политехническом университете (ТПУ), ОАО «Томскгеомониторинг», Томском филиале Института геологии нефти и газа СО РАН в 1998–2013 гг. при непосредственном участии О.Г. Савичева, а также данных других авторов [3, 5, 7, 9]. Природное районирование принято согласно [14].

Отбор проб проводился из поверхностного слоя донных отложений мощностью 20 см в местах со спокойным течением, в которых донные отложения достигают максимального развития [15]. Опробование выполнялось преимущественно в летне-осенний период с одновременным отбором речных вод. Определение химического состава фракции донных отложений с диаметром частиц до 1 мм осуществлялось в аккредитованных лабораториях.

риях ТПУ, ОАО «Томскгеомониторинг», Томского государственного университета и ООО «Плазма» (г. Томск) методами масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, инверсионно-вольтамперометрическим и атомно-абсорбционным. Статистический анализ выполнялся с учётом требований [16].

Объектами исследования послужили донные отложения преимущественно малых и средних рек (с площадью водосбора до 2000 и 50000 км² соответственно) вне участков значительного антропогенного воздействия в бассейнах рек Обь и Енисей, состояние которых отражает локальные природные особенности и зональные закономерности изменения геохимических условий по территориям. В отдельных случаях привлекались данные по гиперзональным большим рекам Сибири и других регионов Азии, включая данные по р. Меконг, полученные при участии Фунг Т.З.

Результаты исследования и их обсуждение

Обобщение данных наблюдений в различных природных зонах показало, что от тундры до тайги в донных отложениях малых и средних рек возрастает содержание большинства изученных химических элементов (табл. 1). Эта тенденция соответствует увеличению биологической продуктивности ландшафтов, являющейся, согласно А.И. Перельману и его последователям [8, 17], важным показателем их геохимической развитости. В этом же направлении происходит определённый рост значений рН водных вытяжек из речных отложений (в среднем 6,09 для тундры и 6,68 – для тайги) и непосредственно речных вод (в среднем 5,81 для тундры и 7,40 – для тайги) – двух важнейших характеристик кислотно-щелочной обстановки и условий миграции веществ в водной среде.

Для количественной оценки влияния указанных выше факторов (рН речных вод, рН водных вытяжек, содержания в донных отложениях органического вещества как косвенного показателя биопродуктивности геосистем), а также слоя водного стока (характеристики интенсивности водообмена в процессе формирования донных отложений), площади водосборов, содержания взвешенных веществ в речных водах, суммы главных ионов TDS (Total Dissolved Solids) и концентраций соответствующих элементов в речных водах (показателей взаимодействия речных вод и донных отложений) был проведён корреляционный анализ, результаты которого приведены в табл. 2.

Их анализ свидетельствует о наличии тенденций общего увеличения концентраций большинства изученных химических элементов в донных отложениях с ростом рН речных вод, рН водных вытяжек, содержания органических веществ в донных отложениях и минерализации речных вод (по величине $\Sigma_{ин}$), причём связи с рН речных вод в целом более значимы, чем с рН водных вытяжек, несмотря на статистически значимую корреляцию двух последних показателей (рисунок). В случае

среднемноголетнего слоя водного стока установлены обратные связи с концентрациями V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, что объясняется более благоприятными условиями аккумуляции веществ в донных отложениях при снижении интенсивности водообмена [6]. Обратные связи выявлены также между площадью водосбора и концентрациями Ti, V, Mn, Co, Ni.

Таблица 1. Средние значения гидрохимических и физико-химических показателей донных отложений малых и средних рек Сибири, мг/кг

Показатель	Тундра			Лесотундра			Тайга		
	A	δ_A	N	A	δ_A	N	A	δ_A	N
Na	н.д.	н.д.	н.д.	156	8	10	8131	183	16
Mg	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	2768	138	18
Al	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	42271	1294	17
Si	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	360000	2582	15
P	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	956	19	39
K	н.д.	н.д.	н.д.	199	10	10	12200	184	15
Ca	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	6563	290	16
Ti	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	4232,3	45,1	33
V	9,4	0,7	43	н.д.	н.д.	н.д.	111,1	2,2	54
Cr	7,7	0,7	27	6,8	0,3	10	141,2	2,0	54
Mn	73,4	1,9	43	232,0	6,7	10	839,7	13,0	80
Fe	н.д.	н.д.	н.д.	6164	373	10	22548	563	48
Co	1,6	0,1	43	н.д.	н.д.	н.д.	15,6	0,2	54
Ni	4,1	0,1	43	11,2	1,5	10	35,9	0,4	57
Cu	1,7	0,1	27	5,9	0,4	10	22,3	0,3	94
Zn	8,7	0,3	43	10,0	0,8	10	46,9	0,4	94
As	0,5	0,1	9	н.д.	н.д.	н.д.	5,1	0,2	28
Cd	0,16	0,01	25	н.д.	н.д.	н.д.	0,35	0,01	49
Ba	76,3	4,2	25	н.д.	н.д.	н.д.	558,6	3,5	33
Hg	0,012	0,001	9	н.д.	н.д.	н.д.	0,027	0,003	6
Pb	2,0	0,1	27	6,8	0,2	10	9,9	0,1	94

Примечание: A – среднее арифметическое; N – объём выборки; δ_A – погрешность определения среднего; $\delta_A = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$, где σ – стандартное отклонение; «н.д.» – нет данных или N менее 5.

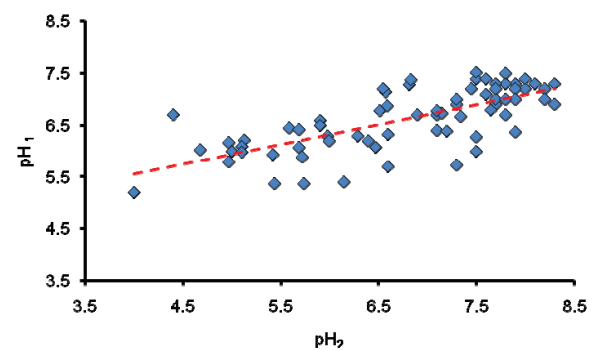


Рисунок. Соотношение рН речных вод и водной вытяжки из донных отложений в целом для всех природных зон ($pH_1 = (4,02 \pm 0,32) + (0,38 \pm 0,05) \cdot pH_2$; pH_1 и pH_2 – показатели водной вытяжки и речных вод соответственно; коэффициент корреляции $r = 0,70 \pm 0,06$)

Объяснение связи между концентрациями веществ в речных отложениях, водным стоком и площадью водосбора может быть получено в результате анализа решения (1) упрощённого уравнения переноса (2), полученного при представлении пере-

Таблица 2. Статистически значимые коэффициенты корреляции между концентрациями химических элементов в донных отложениях малых и средних рек, среднемноголетними значениями слоя водного стока (Y_0), площадью водосбора (F), рН речных вод, рН водных вытяжки из донных отложений, суммой главных ионов в речных водах (TDS), содержанием взвешенных веществ в речных водах (SS_r) и углерода органических веществ в донных отложениях (C_{os}), концентраций соответствующих веществ в речных водах

Химический элемент, мг/кг	Y_0 , мм	F , км ²	рН речных вод	рН водных вытяжек	Σ_{min} , мг/дм ³	SS_r , мг/дм ³	C_{os} , %	Содержание элемента в воде, мг/дм ³
Na	–	–	0,60±0,05	–	0,49±0,21	–	н.д.	–
Mg	–	–	0,70±0,23	н.д.	–	н.д.	н.д.	0,68±0,10
Al	–	–	–	н.д.	–	н.д.	н.д.	–
Si	–	–	–	н.д.	–	н.д.	н.д.	–
P	–	–	–	н.д.	–	–	н.д.	–
K	–	–	0,83±0,10	0,62±0,21	0,67±0,16	–0,70±0,13	н.д.	–0,64±0,20
Ca	–	–	0,67±0,32	н.д.	–	н.д.	н.д.	–
Ti	–	–0,63±0,16	–	н.д.	–	н.д.	н.д.	н.д.
V	–0,39±0,16	–0,49±0,15	0,64±0,07	–	0,60±0,10	–	н.д.	–
Cr	–0,48±0,13	–	0,46±0,10	0,63 0,11	0,56±0,09	–	н.д.	–
Mn	–	–0,31±0,13	0,41±0,08	–	0,57±0,07	–	0,67±0,21	–
Fe	–0,35±0,14	–	–	0,56±0,14	0,45±0,12	0,37±0,14	–	–
Co	–0,42±0,16	–0,58±0,15	0,71±0,06	–	0,66±0,08	–	н.д.	–
Ni	–0,58±0,12	–0,40±0,15	0,51±0,08	0,55±0,14	0,63±0,08	–	н.д.	–
Cu	–0,39±0,12	–	0,44±0,08	0,40±0,11	0,54±0,07	–	0,54±0,21	–
Zn	–0,44±0,11	–	0,48±0,07	–	0,55±0,07	–	0,50±0,22	0,25±0,10
As	–	–	0,34±0,14	–	0,46±0,13	–	н.д.	0,40±0,16
Cd	–	–	–	–	0,40±0,10	–	н.д.	–
Hg	–	–	0,56±0,11	–	–	–	н.д.	–
Pb	–	–	0,40±0,08	–	0,28±0,09	–	–	–

Примечание: «н.д.» – нет данных; символ «–» соответствует условию $|r| < 2 \cdot \frac{1-r^2}{\sqrt{N-1}}$, где r – коэффициент корреляции.

носа вещества по водосбору площадью F в виде радиально сходящегося (от истоков к устью) стационарного потока слоем Y :

$$C = C_0 \cdot \frac{Y_0}{Y} \cdot \left(\frac{F_0}{F}\right)^\mu, \quad (1)$$

$$\frac{1}{Q} \cdot \frac{\partial(C \cdot Q)}{\partial x} = -k_c \cdot C \cdot \frac{w}{Q}, \quad (2)$$

где Q – расход воды; C – концентрация переносимого потоком вещества; w – площадь сечения условного потока глубиной, пропорциональной слою стока на участке водосбора; x – простран-

ственная координата; $\mu = 1 + \frac{k_y \cdot k_c \cdot T}{a}$; k_c – коэф-

фициент трансформации вещества; k_y – коэффициент перехода от слоя стока к условной средней глубине потока при расчёте w ; a – коэффициент размерности; T – расчётный период времени; C_0 и Y_0 – концентрация вещества и слой водного стока в истоках реки (участок водосбора без выраженного русла площадью F_0); значения F и w получены при допущении представления водосбора в виде части кругового кольца. Величина μ , как правило, может быть обобщена для группы малых или средних водотоков, водосборы которых характеризуются примерно одинаковыми ландшафтами, но не для всей природной зоны или, тем более, нескольких зон.

Значимые связи между концентрациями элементов в донных отложениях и речных водах выявлены только в 4 случаях из 19 (21 %), что, как было показано Е.В. Венициановым [18], может объясняться сглаживанием влияния относительно быстрых колебаний химического состава речных вод в пределах поверхностного слоя отложений, ниже которого определяющую роль играют физико-химические процессы, протекающие непосредственно в осадках. Ещё меньше количество выявленных достоверных связей (13 %) со срочными (то есть на момент опробования) концентрациями в водной среде взвешенных веществ (табл. 2). С учётом этого, а также ранее полученных данных о взаимосвязях химического состава речных отложений, средних значений твёрдого стока и содержания взвешенных веществ в речных водах [6] можно предположить, что влияние данного фактора целесообразно оценивать не отдельно, а только в сравнении с транспортирующей способностью потока.

Можно предположить, что ещё одним важным фактором формирования состояния речных отложений являются почвы водосборной территории. Однако корреляционный анализ соответствующих данных провести достаточно сложно ввиду не всегда очевидной соподчинённости исследуемых участков пробоотбора в ландшафтной структуре водосбора. С учётом этого было выполнено сопоставление средних по природным зонам концентраций ряда химических элементов в донных отло-

жениях и минеральных почвах на территориях водосборов, ограниченных створами отбора проб речных отложений с явно выраженным уклоном в сторону русловой сети. Полученные в результате данные в целом свидетельствуют о более высоком содержании большинства изученных элементов: в тундре – в почвах; в тайге – в речных отложениях (табл. 3). Общие для обеих зон тенденции установлены только для кадмия (максимумы – в донных отложениях) и свинца (максимумы – в почвах). Подобное распределение химических элементов связано, с одной стороны, с более интенсивным их выносом с водосборов и аккумуляцией в речной сети таёжных равнинных территорий, а с другой стороны, с относительно замедленной миграцией веществ в ландшафтах с многолетнемерзлыми грунтами.

Таблица 3. Средние значения геохимических показателей донных отложений малых и средних рек Сибири и сопряжённых с ними почв*, мг/кг

Показатель	Тундра				Тайга				Почвы Западной Сибири [10]	
	Почвы		Донные отложения		Почвы		Донные отложения		А	N
	А	N	А	N	А	N	А	N		
P	7	7	н.д.	н.д.	309	24	956	39	679	310
K	92	7	н.д.	н.д.	446	10	12200	15	н.д.	н.д.
V	15,5	127	9,4	43	24,6	73	111,1	54	87	466
Cr	14,5	162	7,7	27	14,1	83	141,2	54	84	453
Mn	159,5	162	73,4	43	579,7	30	839,7	80	797	519
Fe	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	33780	14	22548	48	25104	368
Co	2,8	148	1,6	43	3,4	83	15,6	54	13	516
Ni	6,1	153	4,1	43	8,3	83	35,9	57	42	418
Cu	4,0	150	1,7	27	20,7	51	22,3	94	31	511
Zn	18,2	162	8,7	43	33,4	51	46,9	94	73	487
As	1,2	146	0,5	9	0,8	70	5,1	28	13	340
Cd	0,13	73	0,16	25	0,16	33	0,35	49	н.д.	н.д.
Pb	5,1	153	2,0	27	13,6	51	9,9	94	18	485

Примечание: при расчёте не использовались данные о составе минеральных почв замкнутых понижений рельефа; примерно 70 % проб почв отобрано в долинах рек, около 30 % – на водоразделах с явно выраженным уклоном в сторону водотока; торф не рассматривался.

Сравнение с донными отложениями больших рек показало, что концентрации ряда элементов (Cu, Co, Pb и др.) в гиперзональных реках Сибири больше соответствующих показателей для малых и средних рек тундры и меньше – для малых и средних рек тайги (табл. 1, 4). В целом же с ростом биопродуктивности геосистем водосборных бассейнов происходит увеличение концентраций целого ряда элементов в донных отложениях не только малых и средних рек, но и больших, о чём косвенно свиде-

тельствуют данные о химическом составе речных отложений Меконга, Брахмапутры и Ганга (табл. 4).

Таблица 4. Минимальные, максимальные и средние значения геохимических показателей донных отложений больших рек, мг/кг

Показатель	р. Обь ¹ , от г. Новосибирск до устья р. Чулым		р. Томь ¹ , на участке от г. Междуреченск		р. Меконг ² , нижнее течение		р. Брахмапутра ³	р. Ганг ³
	A	N	A	N	A	N	A	A
Mn	194,2	36	463,5	23	Н.д.	Н.д.	Н.д.	Н.д.
Fe	3367	36	7993	23	Н.д.	Н.д.	Н.д.	Н.д.
Co	3,9	36	6,9	19	Н.д.	Н.д.	14,5	23,9
Cu	5,3	37	10,6	21	33,4	20	Н.д.	Н.д.
Zn	19,7	37	30,7	21	96,6	20	78,3	37,4
Pb	1,3	37	2,6	21	3,8	20	9,6	22,8

Примечание: 1 – обобщение данных [3, 4, 6]; 2 – данные, полученные Фунг Т.З. в университете Донгхап республики Вьетнам; 3 – [19].

Заключение

Выполнен анализ данных о химическом составе донных отложений малых и средних рек Сибири в пределах различных природных зон, и получены средние значения концентраций 21 химического элемента в речных осадках. Установлено, что в направлении от тундры к тайге возрастает содержание большинства изученных химических элементов по мере увеличения биопродуктивности геосистем водосборных территорий. Выявлены прямые статистически значимые связи между концентрациями K, Cr, Ni, Cu в речных осадках одновременно с минерализацией и pH речных вод, pH водных вытяжек из донных отложений и обратные – между концентрациями V, Co, Ni, с одной стороны, слоем водного стока и площадью водосбора, с другой. Зависимости между концентрациями веществ в донных отложениях и речных водах (на момент пробоотбора) в целом слабые.

В пределах тундры наиболее высокие концентрации большинства изученных элементов отмечены в почвах, а в тайге – в донных отложениях рек. Концентрации тяжёлых металлов (Mn, Co, Cu, Zn, Pb) в донных отложениях больших рек в среднем занимают промежуточное положение между крайними значениями соответствующих показателей для природных зон, пересекаемых этими водотоками.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект Р_ОФИ «Моделирование и прогноз изменения состояния водных объектов при планируемой разработке железорудных месторождений на заболоченных территориях Томской области»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.

2. Летувинкас А.И. Донные отложения водотоков: типоморфность загрязнителей и комплексность техногенных геохимических полей // Природокомплекс Томской области. Т. 1. Геология и экология. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1995. – С. 213–223.

3. Эйрих А.К. Разработка метода оценки загрязненности рек тяжёлыми металлами для системы экологического мониторинга: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Барнаул, 2003. – 20 с.
4. 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.
5. Грива Г.И. Геоэкологические условия разработки газовых месторождений Ямала. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 2005. – 352 с.
6. Савичев О.Г., Лыготин В.А. Пространственные изменения химического состава донных отложений рек Томской области // География и природные ресурсы. – 2008. – № 3. – С. 46–51.
7. Московченко Д.В. Геохимия ландшафтов севера Западно-Сибирской равнины: структурно-функциональная организация вещества геосистем и проблемы экодиагностики: автореф. дис. ... д-ра географ. наук. – Санкт-Петербург, 2010. – 33 с.
8. Нечаева Е.Г. Ландшафтно-геохимическое районирование Западно-Сибирской равнины // География и природные ресурсы. – 1990. – № 4. – С. 77–82.
9. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 376 с.
10. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 2004. – 32 с.
11. Экогеохимия Западной Сибири. Тяжёлые металлы и радионуклиды / под ред. Г.В. Полякова. – Новосибирск: Изд-во СО РАН; НИЦ ОИГГиМ, 1996. – 248 с.
12. Савичев О.Г., Копылова Ю.Г., Хвощевская А.А. Эколого-геохимическое состояние окружающей среды в Северном Приангарье (Восточная Сибирь) // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 316. – № 1. – С. 129–136.
13. Savichev O.G., Kolesnichenko L.G., Saifulina E.V. The ecologo-geochemical state of water bodies in the Taz-Yenisei interflaves // Geography and Nature Resources. – V. 32. – № 4. – P. 333–336, DOI: 10.1134/S1875372811040056.
14. Национальный атлас России: в 4-х т. Т. 1. Общая характеристика территории. – М.: Роскартография, 2005. – 170 с. URL: www.national-atlas.ru (дата обращения: 30.11.2007).
15. Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях. РД 52.24.609–99. – СПб.: Гидрометеиздат, 2002. – 33 с.
16. Проведение расчётов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков. РД 52.24.622–2001. – М.: Росгидромет, 2001. – 68 с.
17. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. – М.: Высшая школа, 1975. – 342 с.
18. Веницианов Е.В. Физико-химические процессы в поверхностных водах // Водные проблемы на рубеже веков / отв. ред. М.Г. Хубларян. – М.: Наука, 1999. – С. 241–255.
19. Ramesh R., Ramanathan Al., Ramesh S., Purvaja R., Subramanian V. Distribution of rare earth elements and heavy metals in the surficial sediments of the Himalayan river system // Geochemical Journal. – 2000. – V. 34. – P. 295–319.

Поступила 24.04.2013 г.

УДК 624.131

ПРОГНОЗ ОСЕДАНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ГОРОДЕ ХАНОЙ (ВЬЕТНАМ)

Х.Т. Фи, Л.А. Строкова

Томский политехнический университет

E-mail: geyer@tpu.ru

Многофакторный корреляционный анализ используется впервые для прогноза оседания земной поверхности в результате извлечения подземных вод. Разработан алгоритм для построения функций среднегодовой скорости деформации земной поверхности (V_s) и деформации земной поверхности во времени (S_t) в результате извлечения подземных вод в микрорайонах Фапван, Лыонгиен и Тханьконг города Ханой. Сравнение с фактическими данными мониторинга указывает, что прогнозируемые значения осадки относительно близки к наблюдаемым результатам.

Ключевые слова:

Оседание земной поверхности, извлечение подземных вод, многофакторный корреляционный анализ, средняя скорость деформации, деформация во времени.

Key words:

Land subsidence, groundwater extraction, multivariate correlation analysis, average surface settlement rate, time-dependent settlement.

Город Ханой является одним из крупнейших мегаполисов азиатского региона с развитой промышленностью, инфраструктурой, высокой плотностью населения.

Большая часть территории Ханоя находится на равнине Бакбо, которая имеет наклон с северо-запада на юго-восток (по течению Красной реки). На севере средние отметки поверхности составляют 8...12 м над уровнем моря, в центре – 5...7 м, на

юго-востоке – 3...4 м [1]. Невысокие горы охватывают $\frac{1}{4}$ территории города.

Река Красная является самой большой рекой, протекающей по Ханюю на расстоянии 163 км. Кроме Красной реки на территории города текут и другие реки: Дай, Дуонг, Кало, Толик, Кимнгу, Ньве. В Ханюе также расположено много озёр: Западное (500 га), Тханьчи, Баймау, Хоанкьём, Чукбак, Тхуле и т. д.