

Материалы международных научных конференций

Мониторинг окружающей среды

ПАЛЕОРЕКОНСТРУКЦИЯ ВЛИЯНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА МИНЕРАЛЬНЫЙ СТАТУС КОСТНОЙ ТКАНИ

Ларина Н.С.*, Багашев А.Н.**, Бойко А.А.*

*Тюменский государственный университет

**Институт проблем освоения Севера СО РАН
Тюмень, Россия

В последнее время наблюдается интенсивное внедрение методов естественных наук в археологические исследования с целью реконструкции условий жизни людей разных исторических периодов – влияния геохимической обстановки мест обитания, образа жизни и рациона питания отдельных групп древних поселений. Наиболее подходящим объектом для реконструкций ситуации в разные временные периоды яв-

ляются костные останки, как наиболее распространенный и хорошо сохраняющийся объект, пригодный для характеристики прижизненного состояния организмов с химической точки зрения. Поскольку, в костной ткани интенсивно протекают обменные процессы, это обуславливает высокую чувствительность к действию факторов внешней среды, а высокая минерализация позволяет ограничиваться малыми массами образцов

Для анализа из археологических коллекций было отобрано 93 образца костных останков погребений хантыйских поздних кладбищ, принадлежащих угорской культуре, захороненных на территории современной Тюменской и Томской области с XIII по XX века. В зависимости от места захоронения все образцы можно разделить на 7 групп (табл. 1).

Таблица 1. Районы захоронения образцов костных останков древних угрев

№ группы	Район	Количество образцов
1	р. Салым, Нефтеюганский, Нижневартовский р-н	n=16
2	р. Обь, Сургутский р-н	n=32
3	Устье реки Балык, Нефтеюганский р-н	n=6
4	р. Большой Юган, Сургутский р-н	n=7
5	Правый берег Иртыша, Ханты-Мансийский р-н	n=13
6	р. Васюган, Каргасокский р-н	n=9
7	Уватский р-н	n=10

В отобранных образцах было определено содержания некоторых макро- и микроэлементов в зоне костей. Интервалы изменения и средние значения содержания макроэлементов представлены в табл. 2.

Таблица 2. Средние значения и интервалы концентраций макроэлементов в группах

	Зольность, %	Ca, %	Mg, %	P ₂ O ₅ , %
1 группа (n=16)	<u>60,9-73,9 *</u> 68,5±1,3 **	<u>24,8-35,4</u> 29,2±1,3	<u>0,5-6,7</u> 2,8 ± 0,9	<u>6,6-15,3</u> 11,2 ± 0,7
2 группа (n=32)	<u>54,7-85,8</u> 71,4 ± 1,9	<u>26,0-32,9</u> 29,7 ± 0,6	<u>0,5-7,4</u> 3,1 ± 0,7	<u>7,4-16,2</u> 10,9 ± 0,7
3 группа (n=6)	<u>63,3-77,2</u> 70,2± 3,6	<u>19,5-29,9</u> 26,0± 2,9	<u>0,5-5,8</u> 2,9 ± 1,7	<u>8,6-11,1</u> 10,2± 0,8
4 группа (n=7)	<u>57,5-74,5</u> 66,7± 4,1	<u>26,9-32,9</u> 29,2± 1,6	<u>0,5-4,7</u> 2,2± 1,2	<u>7,3-10,9</u> 10,0± 0,9
5 группа (n=13)	<u>64,6-83,0</u> 68,5 ± 2,5	<u>27,5-31,5</u> 29,2 ± 0,7	<u>0,5-5,6</u> 2,9± 0,9	<u>8,7-14,5</u> 11,4± 0,9
6 группа (n=9)	<u>64,9-70,2</u> 68,3 ± 1,2	<u>26,2-29,5</u> 27,8 ± 0,6	<u>4,4-6,3</u> 5,3± 0,4	<u>11,3-11,9</u> 11,6 ± 0,1
7 группа (n=10)	<u>71,6-91,4</u> 83,2 ± 3,5	<u>21,7-28,6</u> 24,9± 1,6	<u>1,3-5,4</u> 3,5± 0,9	<u>8,9-10,9</u> 9,8 ± 0,4

*Интервал изменения показателя по группе выборки;

**Среднее значение показателя по группе выборки

Результаты исследования показали, что зольность изменяется незначительно для 1, 2, 6 групп, в остальных группах интервалы зольности значительны, в то время как доверительный ин-

тервал по выборке невысокий. Это говорит о наличии отдельных образцов с аномальным содержанием данных показателей. Самое высокое значение зольности ($83,2 \pm 3,5$) наблюдается в 7

группе, самое низкое - в 4 группе ($66,7 \pm 4,1$), в остальных группах значения приблизительно равны.

Содержание *кальция* для всех групп колеблется в незначительных пределах (около 29%), за исключением 3 и 7 групп, где среднее значение заметно ниже – около 25-26%. Согласно литературным данным среднее содержание кальция в костной ткани человека должно составлять 37 ± 2 %, т.е. в данных районах наблюдается дефицит кальция. Колебания содержаний *фосфора* незначительны при сравнении средних значений разных групп, а значения концентраций не высоки – 10-11%.

Интервалы концентраций и средние содержания микроэлементов в исследованных образцах представлены в таблице 3. Содержания *железа* и *марганца* имеют достаточно высокие значения. В 1 и 2 группах наблюдаются аномально высокие значения по марганцу с очень большим разбросом содержания у индивидуумов. Содержание железа в группах колеблется в достаточно широком интервале – от $53 \cdot 10^{-3}\%$ до $223 \cdot 10^{-3}\%$, при этом минимальное количество обнаружено в 6 и 4 группах, а максимальное – в 7

группе. Высокое содержание этих элементов может говорить о повышенном содержании данных элементов и высокой миграционной подвижностью Mn в условиях ландшафтов северных регионов, а также плохой сохранностью костного материала.

Содержание *цинка* и *меди* в группах значительно отличается. Аномально высокое содержание меди наблюдается в 1, 2 группах, что может быть вызвано употреблением в пищу большого количества мясных продуктов, печени, насекомых, а высокое содержание цинка в 1 группе - с потреблением, орехов, грибов и другой белковой пищи. Высокое содержание свинца, особенно в 1,4,5,6 группах, может быть индикатором употреблением в пищу мяса животных. Другой причиной является низкое содержание кальция, магния, фосфора в костной ткани, так как свинец является их антагонистом.

Содержание кадмия колеблется в больших интервалах. Пониженное содержание его возможно связано с постоянными простудными заболеваниями, что характерно для северных регионов.

Таблица 3. Средние значения и интервалы концентраций микроэлементов в группах

	Cu·10³, %	Ni·10³, %	Cd·10³, %	Zn·10³, %	Pb·10³, %	Mn·10³, %	Fe*10³, %
1 (n=16)	<u>0,8-192,1*</u> 23,1±19,8**	<u>0,0-12,5</u> 0,5± 1,4	<u>0,1-1,1</u> 0,5± 0,1	<u>20,2-74,4</u> 34,0± 6,0	<u>1,0-13,7</u> 4,1± 1,4	<u>1,2-85,2</u> 29,6± 10,9	<u>30,0-640,0</u> 151,1±72,6
2 (n=32)	<u>0,6-441,7</u> 98,2 ±48,2	<u>0,0-2,5</u> 1,2 ± 0,2	<u>0,1-0,9</u> 0,5± 0,1	<u>9,7-78,6</u> 21,0± 5,9	<u>0,2-3,8</u> 1,8± 0,4	<u>1,5-96,2</u> 19,9± 6,9	<u>10,0-370,0</u> 149,7±34,0
3 (n=6)	<u>0,7-9,4</u> 2,9± 2,6	<u>1,0-1,9</u> 1,3± 0,3	<u>0,2-0,8</u> 0,5± 0,2	<u>10,4-27,2</u> 19,1 ± 5,3	<u>0,7-3,4</u> 1,9 ± 0,9	<u>2,8-41,6</u> 14,7 ±11,3	<u>50,0-280,0</u> 123,3± 69,1
4 (n=7)	<u>0,0-2,7</u> 1,1± 0,7	<u>0,7-1,4</u> 1,1± 0,2	<u>0,1-0,7</u> 0,4± 0,2	<u>15,7-31,0</u> 22,3 ±3,7	<u>1,3-8,8</u> 3,8± 1,9	<u>4,1-47,2</u> 14,5± 11,1	<u>50,0-140,0</u> 88,6± 27,2
5 (n=13)	<u>0,0-13,3</u> 3,1± 2,0	<u>0,4-1,2</u> 0,9 ± 0,1	<u>0,2-0,8</u> 0,5 ± 0,1	<u>11,1-27,0</u> 16,9 ±2,2	<u>0,5-22,1</u> 3,4± 3,1	<u>6,2-36,9</u> 14,7± 5,1	<u>30,0-640,0</u> 164,5± 91,3
6 (n=9)	<u>0,5-5,9</u> 2,9 ± 1,2	<u>0,2-1,3</u> 0,9± 0,3	<u>0,5-0,8</u> 0,6 ± 0,1	<u>13,4-35,3</u> 21,2± 4,8	<u>0,6-6,1</u> 4,6± 5,4	<u>6,3-27,4</u> 14,0± 4,5	<u>10,0-100,0</u> 53,3± 18,8
7 (n=10)	<u>0,4-9,4</u> 1,7± 1,7	<u>1,3-2,9</u> 1,9± 0,3	<u>0,3-0,4</u> 0,3± 0,03	<u>7,0-15,8</u> 10,9± 2,1	<u>0,8-2,9</u> 1,3± 0,4	<u>4,5-23,1</u> 14,7± 3,9	<u>150,0-410,0</u> 223,0± 47,2

*Интервал изменения показателя по группе выборки;

**Среднее значение показателя по группе выборки

Деление образцов по возрасту позволило выделить также 7 групп. *Зольность* анализируемых групп довольно близка. Однако в более зрелом возрасте (после 20 лет) отмечается небольшое повышение значений, что возможно связано с накоплением некоторых элементов костной тканью, ее толщиной.

Содержание *кальция* в группах практически одинаковое, хотя из литературных источников следует, что наивысшая концентрация кальция наблюдается в возрасте 20-30 лет, минимальная - в детском возрасте. Это скорей всего обусловлено большим разбросом значений внутри группы. Небольшое повышение кальция можно все-таки проследить для возраста 20-30 лет. Значительные интервалы погрешности усредненных

значений содержания *магния* свидетельствуют об отсутствии корреляции содержания магния с возрастной принадлежностью индивидуумов. Максимальное значение *фосфора* наблюдается в возрасте до 7 лет и от 7-14, это объясняется в основном особенностями питания детей, в частности употреблением в основном молочной пищи.

Содержание *железа* увеличиваются с возрастом и достигают максимальных значений в 55-60 лет. На основе литературных источников можно сказать, что в отличие от железа концентрация *цинка* не должна коррелировать с возрастом и должна на протяжении всей жизни оставаться практически постоянной, что и наблюдалось в нашем случае. Достаточно разнообразно распределились значения *марганца* по группам,

что свидетельствует об отсутствии какой – либо связи между возрастными группами и обуславливает наличие особенностей данной местности.

По показателям *меди* лидирует возраст 7-14 и 16-20 лет, а низкими показателями отличается возраст до 7 и 55-60 лет. Это может быть обусловлено для детского возраста достаточным потреблением молочной пищи, которая не дает усваиваться меди, и выводит ее из организма, а в возрасте 55-60 лет низкое содержание возможно обусловлено малой физической нагрузкой, либо высоким содержанием марганца (антагонист меди). Высокие содержания в возрасте 7-14, 16-20 можно связать с индивидуальными особенностями – например ношением медных амулетов, так как один из способов поступления в организм меди – через кожу. Концентрации тяжелых токсичных металлов, таких как никель, кадмий, свинец, увеличиваются с возрастом, но это прослеживается лишь в тех группах, в которых доверительный интервал большой, в остальных наблюдается большой разброс значений. Это в свою очередь объясняется взаимодействием этих металлов с другими элементами, с особенностями питания, и геохимической обстановки. Согласно литературным источникам по общей теории адаптации уровень корреляционных связей может характеризовать степень адаптированности функциональной системы или организма в целом к факторам окружающей среды. При этом одним

из механизмов обеспечивающих адекватный ход адаптационных перестроек является увеличение числа внутри- и межсистемных связей как средства более надежного функционирования организма в случае каких-либо нарушений или поломки одного из его регуляторных звеньев. При этом происходит перераспределение функциональных нагрузок на другие системы, что компенсирует вызванные нарушения и не приводит к выраженным патологиям. При этом можно предположить, что чем более выражены неблагоприятные условия среды обитания, к которым необходимо адаптироваться, тем больше межсистемных корреляционных связей нужно организму для обеспечения надежности своей работы.

В результате корреляционного анализа выявлено, что некоторые элементы с высокой вероятностью обуславливают наличие друг друга. Наиболее сильная зависимость наблюдается между Cu-Zn, Fe-Cu, Fe-Zn, P-Mg, Fe-Mn, Mg-Cd, обратная зависимость между Ca-Mg, Ca-Cd, Zn-Sa, что указывает на белковый рацион питания и избыточное содержание железа с марганцем в поверхностных водах. Проведение корреляционного анализа полученных результатов для всех семи групп позволило выделить в каждой группе число значимых корреляционных связей (табл. 4). Уровень адаптированности организма каждой исследуемой группы к факторам окружающей среды рассчитывался по формуле:

$$A = (n \cdot \sum K_k) / N ,$$

где n – количество корреляционных связей между элементами, $\sum K_k$ - сумма коэффициентов корреляции без учета знака, N - число элементов объединенных в плеяды (в данном случае $N=10$).

Таблица 4. Результаты корреляционного анализа и уровень адаптированности исследованных групп

Номер группы	1	2	3	4	5	6	7
Число корреляционных связей	9	12	24	14	12	14	11
Сумма коэффициентов корреляций	5,25	6,84	15,91	8,72	8,22	8,77	6,66
Уровень адаптированности	4,72	8,21	38,18	12,21	9,86	12,28	7,33

С этих позиций становится понятным наиболее высокий уровень корреляционных взаимоотношений и адаптированности у индивидуумов *третьей группы*, как находящихся по отношению ко всем остальным группам в более экстремальных природно-климатических условиях, а также вынужденных часто менять систему питания и образ жизни. Для индивидуумов *первой группы* наблюдается обратное, так как значение уровня адаптированности и числа корреляционных связей мало по сравнению с другими. Что касается индивидуумов *второй, четвертой, пятой шестой, седьмой* групп, можно предположить, что они находились в более комфортных природно-климатических условиях обусловленных в первую очередь местоположением этих групп, так как рассчитанные для этих групп довольно близки. Таким образом, на основании структуры корреляционных связей элементов, можно проводить

сравнительную количественную оценку адаптированности изучаемых функциональных систем проживающего населения в выраженных экстремальных условиях среды. Адаптационные перестройки направлены на увеличение числа корреляционных связей в системе обеспечения элементного баланса.

ОЦЕНКА ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА ВОД И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Ларина Н.С., Шелпакова Н.А., Ларин С.И.,
Дунаева А.П.

Тюменский государственный университет
Тюмень, Россия

Озера Тоболо-Ишимской лесостепи постановлением правительства РФ от 13.09.1994 г. объявлены особо ценными водно-болотными угодьями и внесены в список Рамсарской конвенции. Поэтому изучение их генезиса, современного состояния и динамики развития представляется достаточно важным аспектом. В процессе данного исследования дана химико-

экологическая оценка качества вод и донных отложений двух групп водоемов лесостепного Приишмья, расположенных в пределах водораздельной части правобережья реки Ишим. Первую (I) группу (пресные воды) составляют озера Савино, Тарабарино, Станичное, Калмацкое и Безымянное; вторую (II) (сильносолоноватые воды) – озера Глубокое, Щербаково и Могильное.

Для классификации вод исследуемых озер по химическому составу в них было определено содержание главных ионов. Преобладающими ионами в водах являются ионы натрия и калия, а также хлорид-ионы, т.е. воды данных озер относятся к хлоридно-натриевой группе (табл.1). При кластерном анализе по макрокомпонентам вод двух групп озер, выяснили, что макросостав вод зависит от географического положения озер.

Таблица 1. Характеристика вод по химическому составу.

Название озера	Характеристика вод			Хф/х	Класс	Хэвт	Класс
	класс	группа	тип				
Савино	хлоридный	натриевая	I	11,0 24,4	II III	13,0 21,0	III IV
Тарабарино	хлоридный	натриевая	I	6,03 9,68	II II	14,0 49,0	III V
Станичное	хлоридный	натриевая	I	6,11 9,13	II II	0,67 2,33	II II
Калмацкое	хлоридный	натриевая	I	11,2 13,7	II II	14,0 20,0	III IV
Безымянное	хлоридный	натриевая	I	6,19 14,7	II II	3,33 10,6	II III
Глубокое	хлоридный	натриевая	III	20,4 28,0	III III	3,33 10,6	II III
Щербаково	хлоридный	натриевая	III	44,3 39,1	IV IV	155 171	VI VI
Могильное	хлоридный	натриевая	III	20,4 15,8	III III	16,1 21,0	IV IV

Примечание: в числителе – в поверхностном слое, в знаменателе – в придонном слое. Классы: I - чистая, II – удовлетворительной чистоты, III – умеренно загрязненная, IV – сильно загрязненная, V – весьма грязная, VI – предельно грязная. Хф/х – физико-химический индекс загрязнения; Хэвт – индекс эвтрофирования вод.

Классификация по эколого-санитарным показателям представляет собой сумму гидрофизических и гидрохимических показателей качества вод. По содержанию различных форм азота (аммонийного, нитратного, нитритного) качество вод исследуемых озер сильно варьировалось от «чистой» до «предельно грязной». Основной вклад в загрязнение водоемов вносят нитрат-ионы. По содержанию минерального фосфора судили о трофности водоемов: к мезотрофным относятся озера Безымянное и Глубокое; озера Тарабарино, Щербаково, Калмацкое, Савино и Могильное являются эвтрофными и озеро Станичное олиготрофным.

Дана оценка санитарно-гигиенических норм и рыбохозяйственных норм водопользования на основе стандартов предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ. Во всех озерах перманганатная окисляемость пре-

вышает как рыбохозяйственные, так и санитарно-гигиенические нормы водопользования. Показатели жесткости в озерах II группы превышены в 2-4 раза. Во всех озерах I группы (кроме оз. Станичное) содержание хлорид и сульфат-ионов не превышает норму. Концентрация различных форм азота ниже предельно допустимой в исследуемых озерах обеих групп.

Оценка качества воды по экологотоксикологическим показателям, основанная на определении уровня токсического загрязнения вод тяжелыми металлами, дала представление о потенциальной токсичности водных масс (уровень токсического загрязнения). По содержанию цинка воды озер обеих групп можно отнести к чистым. Содержание марганца превышает норму лишь в придонном слое озер Савино и Безымянное (I группа). Кадмием загрязнены озера I группы (кроме оз. Тарабарино), причем его содержа-