

где  $E_{\text{макс}(70)}$  – максимальное значение эффективной дозы, ожидаемой за 70 лет, Зв;  $E_{\text{сред}(70)}$  – среднее значение эффективной дозы, ожидаемой за 70 лет, Зв.

Предел  $E$  от поступления радионуклидов в организм, ожидаемой за 70 лет, для населения составляет 70 мЗв, согласно [1]. Годовое значение  $E_{\text{макс}}$ , полученное при расчетах, составило 10 % от эффективной дозы для населения за год. Значение  $E_{\text{макс}(70)}$  составляет не более 3 % от эффективной дозы для населения, ожидаемой за 70 лет.

Определено, что вклад  $^3\text{H}$  в дозовую нагрузку для персонала (ингаляционное поступление), при работе на площадке «Дегелен», где отмечены максимальные значения  $^3\text{H}$  в воздухе среди всех исследуемых территорий СИП, составляет порядка 1 %.

**Выводы.** Проведенное исследование показало, что вклад  $^3\text{H}$  в дозовую нагрузку для персонала при поступлении с воздухом составляет порядка 1 %. Полученное значение дает право не учитывать вклад  $^3\text{H}$  в дозовую нагрузку персонала при поступлении его с воздухом на территории СИП. Вклад  $^3\text{H}$  в дозовую нагрузку для населения составляет 10 %.

Установлено, что  $E$  для населения не превышает допустимых пределов доз. Но данное значение попадает в диапазон уровня исследования при локальных загрязнениях (0,01 – 0,3 мЗв/год), установленный [1]. При достижении данного уровня радиационного воздействия требуется выполнить исследование источника ионизирующего излучения с целью уточнения оценки величины годовой эффективной дозы и определения величины дозы, ожидаемой за 70 лет. В связи с этим рассчитана  $E$ , ожидаемая за 70 лет. Значение  $E_{\text{макс}(70)}$  составляет не более 3 % от эффективной дозы для населения, ожидаемой за 70 лет.

#### Литература

1. Гигиенические нормативы "Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности". Утверждены приказом Министра национальной экономики Республики Казахстан от 27 февраля 2015 года № 155.
2. Ляхова О.Н., Ларионова Н.В., Лукашенко С.Н., Айдарханов А.О., Спиринов Е.В. К вопросу о путях миграции трития за пределы бывшей испытательной площадки «Дегелен» // Радиация и риск. – 2014. – Т. 23. – № 1.
3. Марченко О.О., Ляхова О.Н., Тимонова Л.В. Уровни содержания трития в виде НТО и НТ в воздушной среде на площадке «Дегелен» бывшего Семипалатинского испытательного полигона // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XXIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных. – Томск, 2019. – Т. 1. – С. 601.
4. МУ 2.6.1.15-02. Тритий и его соединения. Контроль величины индивидуальной эффективной дозы внутреннего облучения при поступлении в организм человека. Минатом России, Минздрав России. М., 2004.

### **МИНЕРАЛОГ - ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЬЮН (РЕСПУБЛИКА САХА – (ЯКУТИЯ))**

**А.Ю. Мишанькин**

Научный руководитель профессор Е.Г. Языков

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

В настоящее время в России актуальными являются исследования, направленные на поиски стратегических полезных ископаемых, в том числе золота, расширение минерально-сырьевой базы которого достигается во многом за счёт открытия новых месторождений в металлогенических провинциях Сибирского и Дальневосточного федеральных округов. Особенно перспективной в этом плане является Яно-Колымская провинция, расположенная на территории Магаданской области и Республики Саха – (Якутия).

Объектом исследования данной работы является входящее в состав Яно-Колымской провинции золоторудное месторождение Вьюн, расположенное в Верхоянском районе Республики Саха – (Якутия).

Фактический материал для выполнения работы (пробы почв и донных отложений водотоков территории месторождения Вьюн) были получены в ходе проведения эколого-геохимических исследований сотрудниками кафедры Геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета в 2017 г. Всего было отобрано 19 проб почвенного покрова и 13 проб донных отложений водотоков.

В ходе исследований учитывались существующие методические рекомендации по проведению подобного рода работ. Пробы отбирались и обрабатывались по стандартным методикам в соответствии с нормативными документами.

Отбор почв производился методом конверта (объединённая проба из пяти точечных на площадке опробования) с верхнего горизонта (0-10 см). Донные отложения отбирались без стратификации из приводного слоя трёх водотоков: ручей Вьюн (6 проб); правый и левый приток ручья Вьюн (по 2 пробы), река Бургаджа (3 пробы).

Количественный химический анализ проб почв и донных отложений проводился в аккредитованной лаборатории г. Томска (химико-аналитический центр «Плазма») методом масс-спектрометрии (МС-ИСП) на 55 химических элементов.

Целью исследований являлось установление минералого-геохимических особенностей почвенного покрова и донных отложений водотоков территории золоторудного месторождения Вьюн.

На основе полученных данных о концентрациях элементов в пробах изучаемых компонентов природной среды определялись их средние по месторождению содержания, по которым рассчитывались кларки концентрации химических элементов в почве и донных отложениях.

Расчёт производился относительно данных о кларках химических элементов верхней части континентальной земной коры следующих учёных: Н.А. Григорьев, (2009) [4]; А.П. Виноградов, (1962) [2]; А.А. Беус и др., (1976) [1]; S.R. Taylor, (1964) [7]; S.R. Taylor, S.M. McLennan, (1985) [8]; К.Н. Wedepohl, (1995) [9], R.L. Rudnick, S. Gao, (2003) [6], а также кларка химических элементов в почвах континентов по А.А. Ярошевскому, (1990) [5].

Полученные кларки концентрации являлись основой для построения геохимических рядов химических элементов, т.е. групп элементов, обнаруживаемых в изучаемом объекте в количестве, отличном от критериального уровня [3].

Геохимические ряды химических элементов в почвенном покрове территории месторождения Вьюн относительно вышеуказанных критериальных уровней приведены в таблице 1.

Таблица 1

Геохимические ряды химических элементов в почвенном покрове месторождения Вьюн

Критериальный уровень	Автор	Геохимический ряд химических элементов в почвенном покрове месторождения Вьюн
Кларк химических элементов верхней части континентальной земной коры	Н.А. Григорьев, (2009) [4]	Te <sub>69,3</sub> – Se <sub>37,8</sub> – As <sub>5,7</sub> – Ag <sub>5,5</sub> – Au <sub>4,0</sub> – Sb <sub>2,5</sub> – Zn <sub>1,4</sub> – Cr <sub>1,4</sub>
	А.П. Виноградов, (1962) [2]	Te <sub>201,1</sub> – Se <sub>113,4</sub> – Bi <sub>23,6</sub> – As <sub>18,7</sub> – Ag <sub>8,6</sub> – Yb <sub>5,3</sub> – Sb <sub>4,1</sub> – Au <sub>4,1</sub> – Cd <sub>2,6</sub> – Hf <sub>2,4</sub> – Cs <sub>1,9</sub> – Mo <sub>1,6</sub> – Cr <sub>1,5</sub> – W <sub>1,4</sub> – Zn <sub>1,2</sub>
	А.А. Беус и др., (1976) [1]	Te <sub>201,1</sub> – Bi <sub>21,3</sub> – As <sub>16,8</sub> – Au <sub>14,5</sub> – Ag <sub>12,5</sub> – Sb <sub>10,2</sub> – Cr <sub>3,7</sub> – Co <sub>2,3</sub> – Cd <sub>2,1</sub> – Zn <sub>2,0</sub> – Cu <sub>1,9</sub> – Cs <sub>1,8</sub> – Ni <sub>1,5</sub> – Ti <sub>1,4</sub> – Mo <sub>1,4</sub>
	S.R. Taylor, (1964) [7]	Se <sub>113,4</sub> – As <sub>17,7</sub> – Sb <sub>10,2</sub> – Ag <sub>8,6</sub> – Au <sub>4,4</sub> – Cs <sub>2,3</sub> – Cd <sub>1,7</sub> – Zn <sub>1,5</sub> – Pb <sub>1,5</sub> – Sn <sub>1,3</sub> – Ga <sub>1,3</sub> – Cr <sub>1,3</sub> – Bi <sub>1,3</sub>
	S.R. Taylor, S.M. McLennan, (1985) [8]	As <sub>21,2</sub> – Ag <sub>12,0</sub> – Sb <sub>10,2</sub> – Au <sub>9,7</sub> – Cr <sub>3,6</sub> – Cd <sub>3,5</sub> – Ni <sub>1,9</sub> – Cs <sub>1,9</sub> – Co <sub>1,7</sub> – Bi <sub>1,7</sub> – Cu <sub>1,7</sub> – Ti <sub>1,5</sub> – Zn <sub>1,4</sub>
	К.Н. Wedepohl, (1995) [9]	As <sub>15,9</sub> – Ag <sub>10,9</sub> – Sb <sub>6,6</sub> – Cr <sub>3,6</sub> – Cd <sub>3,3</sub> – Cu <sub>2,9</sub> – Ni <sub>2,0</sub> – Zn <sub>2,0</sub> – Bi <sub>1,7</sub> – Co <sub>1,4</sub> – Ti <sub>1,4</sub> – Re <sub>1,4</sub> – W <sub>1,3</sub> – Mo <sub>1,3</sub>
	R.L. Rudnick, S. Gao, (2003) [6]	Au <sub>11,6</sub> – Ag <sub>11,3</sub> – As <sub>6,6</sub> – Sb <sub>5,1</sub> – Cd <sub>3,8</sub> – Mo <sub>1,6</sub> – Zn <sub>1,5</sub> – Cu <sub>1,5</sub> – Cs <sub>1,4</sub> – Cr <sub>1,4</sub> – Bi <sub>1,3</sub> – Sn <sub>1,3</sub>
Распространённость химических элементов в почвах континентов	А.А. Ярошевский, (1990) [5]	Au <sub>17,4</sub> – Se <sub>14,2</sub> – Ag <sub>6,0</sub> – As <sub>5,3</sub> – Sn <sub>2,4</sub> – Cs <sub>2,3</sub> – Sb <sub>2,3</sub> – Cd <sub>2,1</sub> – Cr <sub>2,1</sub> – Ni <sub>1,9</sub> – Co <sub>1,9</sub> – W <sub>1,8</sub> – Cu <sub>1,8</sub> – Zn <sub>1,7</sub> – Be <sub>1,6</sub> – Ti <sub>1,5</sub>

Почвы месторождения Вьюн характеризуются высокими содержаниями Те, Se, As, Au, Ag, Sb. Данные химические элементы формируют основу геохимической специализации почвенного покрова. Кроме того, содержания, превышающие кларковые, зафиксированы для ряда тяжёлых металлов (Zn, Cr, Bi и др.).

Аналогичным образом были построены геохимические ряды химических элементов для донных отложений водотоков (таблица 2). Выявлено, что геохимическая специализация донных отложений идентична таковой для почвенного покрова территории месторождения.

Таблица 2

Геохимические ряды химических элементов в донных отложениях водотоков месторождения Вьюн

Критериальный уровень	Автор	Геохимический ряд химических элементов в донных отложениях водотоков месторождения Вьюн
Кларк химических элементов верхней части континентальной земной коры	Н.А. Григорьев, (2009) [4]	Te <sub>70,8</sub> – Se <sub>48,9</sub> – Au <sub>15,6</sub> – As <sub>8,0</sub> – Sb <sub>3,4</sub> – Ag <sub>2,2</sub> – Bi <sub>2,1</sub> – Zn <sub>1,7</sub> – W <sub>1,6</sub> – P <sub>1,4</sub> – Co <sub>1,4</sub> – Ge <sub>1,4</sub> – Cr <sub>1,4</sub> – Fe <sub>1,4</sub> – Ti <sub>1,4</sub> – Hg <sub>1,4</sub>
	А.П. Виноградов, (1962) [2]	Te <sub>205,4</sub> – Se <sub>146,8</sub> – Bi <sub>66,8</sub> – As <sub>26,4</sub> – Au <sub>16,0</sub> – Yb <sub>6,7</sub> – Sb <sub>5,6</sub> – Ag <sub>3,5</sub> – Hf <sub>3,4</sub> – W <sub>2,6</sub> – Cd <sub>2,5</sub> – Mo <sub>1,6</sub> – Zn <sub>1,6</sub> – Cr <sub>1,6</sub> – Cs <sub>1,6</sub>
	А.А. Беус и др., (1976) [1]	Te <sub>205,4</sub> – Bi <sub>60,1</sub> – Au <sub>57,3</sub> – As <sub>23,7</sub> – Sb <sub>13,9</sub> – Ag <sub>5,1</sub> – Cr <sub>3,8</sub> – Co <sub>3,3</sub> – Hg <sub>2,7</sub> – Zn <sub>2,6</sub> – Cu <sub>2,1</sub> – Cd <sub>2,1</sub> – Ni <sub>1,8</sub> – W <sub>1,8</sub> – Ti <sub>1,6</sub> – Fe <sub>1,5</sub>
	S.R. Taylor, (1964) [7]	Se <sub>146,8</sub> – As <sub>25,0</sub> – Au <sub>17,2</sub> – Sb <sub>13,9</sub> – Bi <sub>3,5</sub> – Ag <sub>3,5</sub> – W <sub>2,2</sub> – Cs <sub>1,9</sub> – Zn <sub>1,9</sub> – Cd <sub>1,7</sub> – Pb <sub>1,5</sub> – Ga <sub>1,4</sub> – Ba <sub>1,4</sub> – Dy <sub>1,4</sub> – Cr <sub>1,3</sub>
	S.R. Taylor, S.M. McLennan, (1985) [8]	Au <sub>38,2</sub> – As <sub>30,0</sub> – Sb <sub>13,9</sub> – Ag <sub>4,9</sub> – Bi <sub>4,7</sub> – Cr <sub>3,7</sub> – Cd <sub>3,4</sub> – Co <sub>2,4</sub> – Ni <sub>2,3</sub> – Cu <sub>1,9</sub> – Zn <sub>1,8</sub> – Ti <sub>1,8</sub> – Mn <sub>1,7</sub> – W <sub>1,7</sub> – Fe <sub>1,6</sub> – Cs <sub>1,6</sub>
	К.Н. Wedepohl, (1995) [9]	As <sub>22,5</sub> – Sb <sub>9,0</sub> – Bi <sub>4,9</sub> – Ag <sub>4,5</sub> – Cr <sub>3,7</sub> – Cu <sub>3,3</sub> – Cd <sub>3,2</sub> – Zn <sub>2,5</sub> – Ni <sub>2,5</sub> – W <sub>2,4</sub> – Co <sub>2,1</sub> – Mn <sub>2,0</sub> – Fe <sub>1,8</sub> – Ti <sub>1,7</sub> – Hg <sub>1,6</sub> – P <sub>1,5</sub>
	R.L. Rudnick, S. Gao, (2003) [6]	Au <sub>45,8</sub> – As <sub>9,4</sub> – Sb <sub>6,9</sub> – Ag <sub>4,6</sub> – Bi <sub>3,8</sub> – Cd <sub>3,7</sub> – Zn <sub>1,9</sub> – Hg <sub>1,8</sub> – W <sub>1,8</sub> – Cu <sub>1,7</sub> – Mo <sub>1,6</sub> – P <sub>1,5</sub> – Fe <sub>1,4</sub> – Cr <sub>1,4</sub> – Co <sub>1,4</sub> – Ti <sub>1,4</sub>
Распространённость химических элементов в почвах континентов	А.А. Ярошевский, (1990) [5]	Au <sub>68,8</sub> – Se <sub>18,3</sub> – As <sub>7,5</sub> – W <sub>3,3</sub> – Sb <sub>3,1</sub> – Bi <sub>3,0</sub> – Co <sub>2,7</sub> – Ag <sub>2,5</sub> – Ni <sub>2,3</sub> – Zn <sub>2,2</sub> – Sn <sub>2,2</sub> – Cr <sub>2,2</sub> – Mn <sub>2,1</sub> – Cd <sub>2,1</sub> – Cu <sub>2,0</sub> – Cs <sub>1,9</sub> – Be <sub>1,6</sub> – Ti <sub>1,6</sub> – Mg <sub>1,6</sub> – U <sub>1,5</sub> – Fe <sub>1,5</sub> – Ti <sub>1,4</sub> – Ge <sub>1,4</sub> – Gd <sub>1,4</sub>

Также изучался минеральный состав почв и донных отложений водотоков с целью выявления его взаимосвязи с геохимической специализацией данных компонентов природной среды. Исследования проводились на базе центра «Урановая геология» Томского политехнического университета с помощью следующих методов: оптическая микроскопия (микроскоп Leica EZ4D); рентгеновская дифрактометрия (рентгеновский дифрактометр D2 PHASER); сканирующая электронная микроскопия (сканирующий электронный микроскоп Hitachi S-3400N).

В результате проведения рентгенофазового анализа выявлено, что общая масса минерального вещества донных отложений водотоков месторождения Вьюн представлена следующими минералами: мусковит, иллит, флогопит, хлорит, клинохлор.

Минеральная составляющая почв представлена иллитом, кварцем, мусковитом, хлоритом, клинохлором.

С помощью оптического микроскопа отбирались отдельные минеральные фракции, которые в дальнейшем исследовались на электронном микроскопе. Так, методом сканирующей электронной микроскопии в составе почв и донных отложений обнаружены минеральные фазы, содержащие Fe и S (предположительно жёлтые колчеданы, пирит или пирротин – рудные минералы, характерные для рудной зоны месторождения), Cu и Sb. Содержания данных химических элементов в почвенном покрове и донных отложениях водотоков превышают кларковые значения, поэтому можно говорить об определённом влиянии минералов, в том числе рудных, на формирование геохимии исследуемых компонентов природной среды на территории золоторудного месторождения Вьюн и, следовательно, о развитии ореолов рассеяния Fe, Cu, Sb и др.

#### Литература

1. Беус А.А. Геохимия окружающей среды / А.А. Беус, Л.И. Грабовская, Н.В. Тихонова. – М.: Недра, 1976. – 248 с.
2. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555 – 571.
3. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
4. Григорьев Н.А. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры // Геохимия. – 2003. – № 7. – С. 785 – 792.
5. Ярошевский А. А. Кларки геосфер // Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. – М.: Недра, 1990. – С. 7 – 14.
6. Rudnick R.L., Gao S. Composition of the continental crust // Treatise on Geochemistry. – 2003. – Vol. 3. – P. 1 – 64.
7. Taylor S.R. Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1964. – Vol. 28. – P. 1273 – 1285.
8. Taylor S.R. The continental crust: Its composition and evolution / S.R. Taylor, S.M. McLennan. – Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1985. – 330 p.
9. Wedepohl K.H. The composition of the continental crust // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1995. – Vol. 59. – P. 1217 – 1232.

### **ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СОСТАВЕ ВОЛОС ЖИТЕЛЕЙ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА**

**Л.М. Моисеева<sup>1</sup>, Г.Е. Байкенова<sup>2</sup>, Б.У. Шарипова<sup>2</sup>**

Научный руководитель профессор Н.В. Барановская<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup>*Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова, г. Кокшетау, Казахстан*

Волосы человека активно используются для контроля и оценки воздействия факторов окружающей среды и диагностики заболеваний [2, 3]. По элементному составу волос легко определить, как питается человек, принимает ли какие-нибудь витамины или лекарства, какая экологическая обстановка на месте проживания и многое другое. Волосы способны накапливать химические элементы в больших концентрациях в отличие от других биосубстратов человека (кровь, моча), которые склонны к быстрому изменению элементного состава из-за различных факторов [4].

На элементный состав волос могут влиять как природные, так и антропогенные факторы. В последнее время наблюдается повышение распространенности болезней, которые обусловлены загрязнением окружающей среды. К подобным экзависимым болезням относят, например, болезнь «синдром Калачи». Причиной возникновения такой болезни стали заброшенные, недалеко от села, урановые шахты, в которых накапливался угарный газ [1].

Казахстан является второй страной после Австралии по объему запасов и первой страной по добыче урана. На территории Северного Казахстана крупные месторождения урана расположены в Северо-Казахстанской и Акмолинской областях. Эти природные аномалии могут отразиться на элементном составе волос жителей данных регионов.

Задачей наших исследований было изучение специфики элементного состава волос жителей населенных пунктов Северного Казахстана. Нами отобрано и проанализировано с использованием метода ICP-MS 33 пробы волос жителей Северо-Казахстанской и Акмолинской областей. Метод реализован на базе МИНОЦ «Вода» ТПУ (зав. лабораторией - к.г.-м.н. А.А. Хвощевская).

Аномально повышенные концентрации урана фиксируются в составе волос жителей населенных пунктов Казгородок (№ 10), Акколь (№ 24) и Чкалово (№ 28) (рисунок). Высокие содержания урана характерны так же для населенных пунктов Кокшетау – 0,5 мг/кг, Арыкбалык – 0,61 мг/кг и Красный Яр – 0,51 мг/кг. Среднее содержание урана в волосах жителей Северо-Казахстанской области составляет – 0,29 мг/кг, в волосах жителей Акмолинской области – 0,32 мг/кг. Для сравнения – содержание урана по данным А.А. Кист (1987) со ссылкой на Yu.S. Ryabukhin (1980) в волосах человека – 0,000013 мг/кг.