

Вертикальные или крутонаклонные цилиндрические норки ихнофоссилий *Skolithos* свидетельствуют о песчаном пляже или полуконсолидированном субстрате, где была возможность и для жизнедеятельности растений (рис. 1).

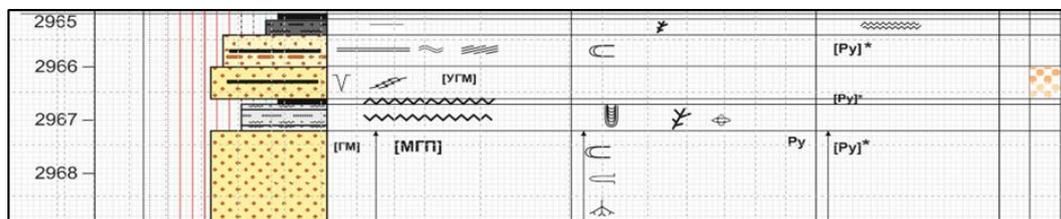


Рисунок 2 – Фрагмент литологической колонки скв. Майской площади (интервал отбора 2965.1-2971.48 м)

Вышеописанные ихнофоссилии принадлежат животным, которые селились на поверхности дна, не подверженном сероводородному заражению [1].

Терригенные породы среднеюрского возраста, содержащие обильные и разнообразные ихнофоссилии, позволили предварительно создать концептуальную модель условий седиментации именно по следам жизнедеятельности донных организмов.

Таким образом, условия осадконакопления, определенные по ихнофоссилиям, в изучаемом районе были от прибрежно морских до достаточно глубоководных. Интенсивная биотурбация, нарушающая текстурный рисунок, влияла на миграцию углеводородов и характер нефтенасыщения пород.

#### Литература

1. Вакуленко Л.Г., Ян П.А. (2001). Юрские ихнофашии Западно-Сибирской плиты и их значение для реконструкции обстановок осадконакопления // Геология нефти и газа. Вып.4.с.83-93.
2. Князева И.Г. Литолого-фациальный анализ отложений франского возраста // Тюменский нефтяной научный центр. Тюмень

#### СОДЕРЖАНИЕ ПЛУТОНИЯ И ФОРМЫ ЕГО НАХОЖДЕНИЯ В ШТОЛЬНЕВЫХ ВОДОТОКАХ ПЛОЩАДКИ «ДЕГЕЛЕН» СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

**А.С. Торопов**

Научный руководитель профессор Л.П. Рихванов

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

Проблема прогнозирования развития радиационной обстановки вблизи Семипалатинского испытательного полигона (СИП) всегда будет объектом внимания мирового сообщества. Поведение радиоактивных элементов вблизи радиационно-опасных объектов, скорость и интенсивность их миграции и влияние на состояние окружающей среды и здоровье населения являются очень актуальной научной и практической проблемой. Искусственные радионуклиды могут содержаться в значимых количествах в поверхностных водных объектах СИП и представлять потенциальную опасность для экосистем и человека, перемещаясь за территорию площадок испытаний.

Цель данной работы – изучение миграции одного из важных техногенных радионуклидов - плутония в водных объектах Семипалатинского полигона с определением форм их нахождения.

Выбор объектов для изучения форм нахождения радионуклидов в воде определялся на основе литературного материала по содержанию радионуклидов в водных объектах СИП [1]. Объектом данного исследования послужили водотоки припортальных участков штолен 176, 177, 503, 504 и 511 площадки «Дегелен» СИП.

Объем проб воды составлял от 2 до 10 л. Пробу воды отбирали в чистые полиэтиленовые емкости, избегая взмучивания донных осадков, попадания частиц растительности и посторонних примесей, затем фильтровали *in situ* через бумажный фильтр «белая лента» с диаметром пор 5-8 мкм, либо в течение 24 часов с момента отбора. Затем, пробу делили пополам, одна часть пробы подкислялась концентрированной азотной кислотой до  $\text{pH} = 2$  и подвергалась стандартной процедуре химического концентрирования. Другую часть фильтровали через мембранный фильтр из полиэтилентерефталата (ПЭТФ) с диаметром пор 0,2 мкм, после чего пермеат подкисляли, добавляли изотопные метки и проводили концентрирование аналогичным образом. Таким образом, подобная подготовка проб позволила условно выделить следующие формы нахождения: «взвешенные вещества», «коллоидные вещества», «истинно-растворимые формы».

Общий химический состав воды штольневых водотоков площадки «Дегелен» представлен в таблице 1.

Таблица 1

Общий химический состав штольневых водотоков площадки «Дегелен»

Наименование объекта	pH	Сухой остаток	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Cl}^-$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$
Штольня 176	7,7	170	7,5	45	5,1	5,9	120	42
Штольня 177	6,4	400	31	76	17	9,8	210	120
Штольня 503	6,8	430	22	90	17	9,3	120	220
Штольня 504	5,9	1100	54	160	100	14	4,9	870
Штольня 511	6,4	410	23	72	22	6,5	270	37

Примечание: единица измерения сухого остатка и главных ионов воды – мг/л.

По общему химическому составу штольневые водотоки относятся к пресным и слабоминерализованным водам (шт. 504), по анионно-катионному составу – гидрокарбонатно-кальциевые (водотоки штолен 176, 177, 511) и сульфатно-кальциевые- магниевые (водотоки штолен 503, 504).

Установлено, что активность плутония в изученных водных объектах колебалась в широких пределах – от  $n \cdot 10^{-2}$  до  $n \cdot 10^0$  Бк/л (табл. 2). Максимальное содержание изотопов плутония в природных водах СИП установлено на уровне 8,1 Бк/л (сумма всех форм нахождения), в том числе сумма коллоидных и растворенных форм – 5,9 Бк/л, что более чем на порядок превышает уровень вмешательства установленный СЭТОРБ-2015 [4]. В остальных водоисточниках превышений уровня вмешательства зафиксировано не было. Известно, что плутоний имеет сложное химическое поведение в природных водах, склонен к гидролизу, коагуляции, комплексообразованию с органическими и минеральными лигандами, коллоидообразованию, изменению степени окисления, и соответственно,

изменению формы нахождения даже в результате незначительных колебаний состава воды [2].

Таблица 2

Распределение форм нахождения Pu-(239+240) в воде штольневых водотоков  
Площадки «Дегелен» СИП, Бк/л

№ п/п	Название объекта	Взвешенное вещество, (%)	Коллоидное вещество, (%)	Растворенные формы, (%)
1	Штольня 176	0,11±0,02 (52)	$7,3 \cdot 10^{-2} \pm 1,4 \cdot 10^{-2}$ (35)	$2,7 \cdot 10^{-2} \pm 0,9 \cdot 10^{-2}$ (13)
2	Штольня 177	0,13±0,02 (48)	$4,3 \cdot 10^{-2} \pm 1,0 \cdot 10^{-2}$ (16)	$9,7 \cdot 10^{-2} \pm 1,8 \cdot 10^{-2}$ (36)
3	Штольня 503	2,2± 0,7 (27)	1,1 ± 0,1 (14)	4,8 ± 0,1 (59)
4	Штольня 504	$3 \cdot 10^{-2} \pm 1,3 \cdot 10^{-2}$ (40)	$1,8 \cdot 10^{-2} \pm 0,6 \cdot 10^{-2}$ (24)	$2,7 \cdot 10^{-2} \pm 0,9 \cdot 10^{-2}$ (36)
5	Штольня 511	$< 6,5 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-2} \pm 0,7 \cdot 10^{-2}$ (>80)	$< 4,2 \cdot 10^{-3}$

Примечание: в скобках – доля от суммы форм нахождения, %

Распределение форм нахождения плутония носит неоднозначный характер. Отмечено, что данный радионуклид присутствует в водах во всех изучаемых формах. В зависимости от водоисточника, доля взвешенных форм колеблется от 27% до 52,4 %, форм существования плутония, ассоциированных с коллоидными веществами – от 13 до более >80 %, растворенных форм – от 13 до 59 %.

Как отмечают в работе [3], невозможно оценивать характер миграции такого нуклида, как плутоний в водной среде без учета вклада коллоидных частиц. Дальнейшие исследования по изучению миграции плутония в поверхностных и подземных водах СИП будут продолжены.

Исследование выполнено в рамках целевой программы 0122/ПЦФ-14 МОН РК (дог. № 561 от 07.04.2015 гг.).

#### Литература

1. Aidarkhanov, A.O. et al. Mechanisms for surface contamination of soils and bottom sediments in the Shagan River zone within former Semipalatinsk Nuclear Test Site // J. of Environ. Radioact. – 2013. – Vol. 124. – P. 163-170.
2. Choppin G.R., Morgenstern A. Distribution and movement of environmental plutonium // Radioact. Environ. – 2001. – Vol. 1. – P. 91-105.
3. McCarthy J.F., Zachara J.M., Subsurface transport of contaminants, Environ. Sci. Technol. – 1989. – Vol. 23. – P. 496-502.
4. Санитарные правила "Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности" // утв. Постановлением Правительства РК № 261 от 27.03.2015 г.