

ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА Г. БЛАГОВЕЩЕНСКА

**Юсупов¹ Д.В., Степанов² В.А., Радомская³ В.И., Рогулина³ Л.И., Трутнева⁴ Н.В.,
Куимова⁵ Н.Г., Павлова³ Л.М., Кезина¹ Т.В.**

¹Амурский государственный университет, г. Благовещенск, e-mail: yusupovd@mail.ru;

²Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, e-mail: vitstepanov@yandex.ru; ³Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск, e-mail: radomskaya@ascnet.ru; ⁴Амурское отделение филиала «Дальневосточный региональный центр государственного мониторинга недр» ФГУ ГП «Гидроспецгеология», г. Благовещенск, e-mail: trutnevavn@mail.ru; ⁵Амурский филиал БСИ ДВО РАН, г. Благовещенск, e-mail: ngkuimova@mail.ru

Состав снегового покрова отражает загрязнение воздушной среды ввиду высокой сорбционной способности снега. Изучение состава снега актуально для Благовещенска в связи с тем, что в 2010 г. город отнесён к городам Российской Федерации с наибольшим уровнем загрязнения воздуха [Государственный доклад..., 2011]. Благовещенск является административным центром Амурской области, расположен на слиянии двух крупных рек – Амур и Зея. Площадь городской агломерации занимает порядка 40 кв. км. с численностью населения 220 тыс. чел. Снег, кристаллизационная фаза воды, при выпадении аккумулирует пылеаэрозольные частицы техногенного и природного происхождения. Изучение его состава с использованием минералого-геохимических методов позволяет получить данные о загрязнении воздуха в зимний период.

В марте 2012 г. были отобраны 34 пробы снега (рис. 1). Из них 32 пробы отобраны в черте города (одна проба представлена свежевыпавшим снегом) и 2 – взяты за пределами города (35 км севернее). Пробы весом от 6 до 12 кг отбирались на всю мощность снегового покрова, исключая 2 см приземного слоя. Затем снег оттаивали в полиэтиленовых ёмкостях и фильтровали.

Отфильтрованный осадок представляет собой мелкозернистое (менее 0.1 мм) вещество преимущественно чёрного, реже тёмно-серого цвета. Минеральный состав осадка определён для проб чёрного (Ам-1, Ам-28) и тёмно-серого (Ам-11, Ам-16) цвета (табл. 1).

Таблица 1.
Минеральный состав твёрдого осадка снегового покрова г. Благовещенска

Наименование материала	Номера проб, содержание в %			
	Ам-28	Ам-1	Ам-11	Ам-16
Уголь	75	62	12	5
Кварц	13	9	42	94
Полевой шпат каолинизированный	11	24	37	1
Слюды светлые	-	ед. зн.	6	-
Гидрогётит	ед. зн.	4	-	ед. зн.
Кальцит (?) «обожжённая известь»	-	ед. зн.	1	-
Амфибол	-	ед. зн.	-	-
Пироксен	-	ед. зн.	-	-
Магнитные сферулы	1	1	2	ед. зн.
Силикатные сферулы	-	-	ед. зн.	ед. зн.
Сумма	100	100	100	100

Примечание: «-» – не обнаружено; ед. зн. – единичные знаки.

Кислотно-щелочные свойства талой воды определялись непосредственно после фильтрования. Элементный анализ проб определён в Аналитическом сертифицированном испытательном центре Института проблем технологии микроэлектроники и особо чистых

материалов РАН (г. Черноголовка) атомно-эмиссионным (ИСП-АЭС) и масс-спектральным (ИСП-МС) методами.

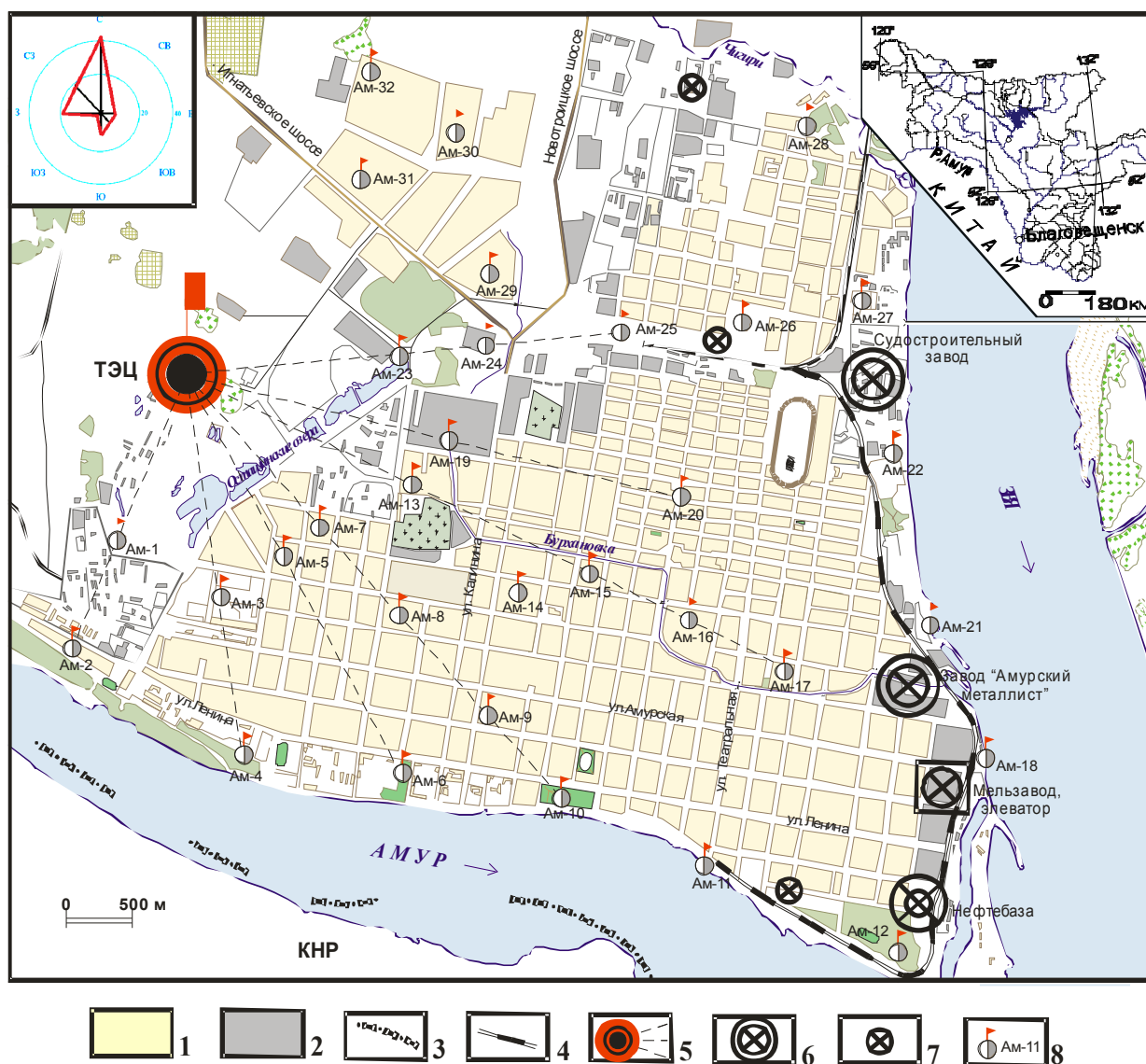


Рис. 1. Схема проведения исследований на территории г. Благовещенска.
 1 – городская территория (жилая застройка), 2 – территория промышленных предприятий, 3 – Государственная граница России, 4 – железная дорога, 5 – ТЭЦ и подфакельные направления выбросов, 6 – заводы, 7 – отопительные котельные, 8 – пункты отбора снеговых проб.

Основную часть твёрдого осадка снега составляют частицы угля, кристаллы кварца и полевого шпата. В некоторых пробах присутствуют значимые количества светлой слюды, гидрогётита, магнитных сферул, реже кальцита (?). В знаковых количествах отмечаются амфиболы и пироксены, а также силикатные сферулы, семена и сухая биомасса растений, техногенное стекло и металлическая стружка.

Осадок чёрного цвета на 62-75% состоит из тонких обломков угля. Проба снега отобрана вблизи (несколько сотен метров) ТЭЦ и одной из котельных города. В тёмно-сером осадке из пробы, отобранной на значительном (2-3 км) расстоянии от ТЭЦ и котельных, преобладают кварц и полевой шпат, а количество частиц угля снижается до 5-12%.

Обломки угля в пробах двух разновидностей: блестящий – слоистой структуры и матовый – микрзернистый, который при лёгком надавливании рассыпается в пыль. При обработке проб частицы угля уходят в электромагнитную, а частично и в магнитную

фракции, что нетипично для угля. Гидрогётит проявляет магнитные и электромагнитные свойства. Он имеет ксеноморфную, пластинчатую и призматическую формы, вероятно, образован по тёмноцветным минералам. Полевые шпаты интенсивно каолинизированы, но некоторые зёрна сохранили отчётливые полисинтетические двойники. Кальцит встречается в виде белых непрозрачных зёрен.

Сравнительный анализ содержания породообразующих оксидов и рудных элементов в твёрдом осадке с разным содержанием частиц угля показал следующее. С увеличением в пробах количества угольных частиц происходит отчётливое возрастание содержания породообразующих оксидов (вес. %): CaO (от 2.1 до 6.0) и Fe₂O₃ (от 2.4 до 6.2), MgO (от 0.5 до 1.1), TiO₂ (от 0.28 до 0.42), MnO (от 0.07 до 0.24), а также серы (от 0.05 до 0.24) (табл. 2.).

Таблица 2.
Состав породообразующих оксидов в твёрдом осадке снега г. Благовещенска

№№ проб	Кол-во частиц угля, %	Содержание, вес. %									
		Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	S _{общ.}
Ам-28	75	13.0	6.0	1.1	6.2	0.42	1.2	0.65	0.24	0.11	0.24
Ам-1	62	14.1	6.0	1.1	6.2	0.48	1.5	0.94	0.26	0.10	0.22
Ам-11	12	13.3	2.4	0.75	3.7	0.40	2.8	2.1	0.10	0.14	0.05
Ам-16	5	9.8	2.1	0.5	2.4	0.28	2.7	1.9	0.07	0.13	0.05

Одновременно в пробах перманентно уменьшается содержание (вес. %) – K₂O (с 2.7 до 1.2), Na₂O (1.9 до 0.65) и P₂O₅ (с 0.13 до 0.11). Повышенное содержание оксидов железа в пробах с высоким содержанием угольных частиц коррелирует с установленной магнитностью последних.

Концентрация рудных элементов-примесей также возрастает в твёрдом осадке, обогащённом углём (в г/т): никеля (от 20 до 93), цинка (от 209 до 395), свинца (от 57.3 до 71.3), серебра (от 0.08 до 0.24), мышьяка (от 5.7 до 14.1), урана (от 1.8 до 4.6), вольфрама (от 2.2 до 6.1). Содержания ртути, сурьмы и олова существенно не меняются (табл. 3).

Таблица 3.
Содержание рудных элементов-примесей в осадке снега г. Благовещенска

№№ проб	Кол-во угля, %	Содержание, г/т										
		Ni	Cu	Zn	Pb	Sn	W	Ag	As	Sb	Hg	U
Ам-28	75	93.0	54.4	394	71.3	3.4	6.1	0.24	14.1	3.7	0.068	4.6
Ам-1	62	80.4	48.2	413	61.3	3.2	3.3	0.12	10.1	2.9	0.075	4.2
Ам-11	12	36.0	46.8	203	40.2	1.9	3.5	0.11	11.0	2.5	0.12	2.7
Ам-16	5	20.0	64.1	209	57.3	3.1	2.2	0.08	5.7	3.3	0.06	1.8
кларк*		9.0	15.0	18.0	6.8	0.79	1.3	0.09	7.6	0.84	0.10	2.9

*- кларк элементов для бурых углей по [Юдович, Кетрис, 2006].

По отношению к кларковым содержаниям этих элементов в бурых углях, наблюдается существенное увеличение в пробах, обогащенных угольной пылью содержания никеля, меди, цинка, свинца, олова, вольфрама, серебра, мышьяка, сурьмы и урана. Ртуть содержится в концентрациях близких к кларку.

Золото обнаружено в одной из 34 проб в количестве 0.041 г/т. В остальных 33 пробах содержание его ниже чувствительности анализа (0.03 г/т), что свидетельствует о низком (околокларковом) содержании золота в бурых углях месторождений Амурской области и Красноярского края, сжигаемых на ТЭЦ и в котельных г. Благовещенска [Степанов, 2010].

Проведённые минералого-геохимические исследования твёрдого осадка снегового покрова г. Благовещенска показали, что урбанизированная территория города в зимний

отопительный период испытывает на себе существенную техногенную нагрузку в виде твёрдофазных выпадений органического и минерального вещества. По составу выделяются две основных разновидности выпадений: 1) преимущественно органическая с преобладанием частиц угля и 2) минеральная с преобладанием кварца и полевого шпата. Частицы угля в твёрдом осадке снега являются основными концентраторами токсичных элементов.

Исследования проведены в рамках государственного задания Амурскому государственному университету на 2012 год в части проведения НИОКР № 01201262055 по теме: «Зонирование урбанизированных территорий по данным литогеохимической и снеговой съёмки (на примере г. Благовещенска Амурской области)».

Литература

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 году». – М.: Министерство природных ресурсов и экологии РФ, 2011. С.5.

Степанов В.А. Существуют ли ураганные концентрации золота в угольных месторождениях Верхнего Приамурья и Сибири? // Руды и металлы. 2010. № 2. С. 66-68.

Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Ценные элементы-примеси в углях. – Екатеринбург: УРО РАН, 2006. – 538с.