ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

и школа молодых ученых по измерениям, моделированию
и информационным системам для изучения окружающей среды

enviromis 2016

INTERNATIONAL CONFERENCE

and Early Career Scientists School
on Environmental Observations, Modeling and Information Systems

SELECTED PAPERS

Литература:

1. Bogner, J., Meadows, M., Czepiel, P. Fluxes of methane between landfills and the atmosphere: natural and engineered controls // Soil Use and Management. – 1997. – V. 13. – № s4. – P. 268-277.
2. Czepiel, P., Mosher, B., Harriss, R., Shorter, J., McManus, J., Kolb, C., Allwine, E., Lamb, B. Landfill methane emissions measured by enclosure and atmospheric tracer methods // Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984–2012). – 1996. – V. 101. – № D11. – P. 16711-16719.
3. EPA, A. Inventory of US greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2009. : EPA 430-R-11-005, 2011.
4. Glagolev, M., Kleptsova, I., Filippov, I., Maksyutov, S., Machida, T. Regional methane emission from West Siberia mire landscapes // Environmental Research Letters. – 2011. – V. 6. – № 4. – P. 045214.
5. Handorf, D., Foken, T., Kottmeier, C. The stable atmospheric boundary layer over an Antarctic ice sheet // Boundary-layer meteorology. – 1999. – V. 91. – № 2. – P. 165-189.
6. Högström, U. Review of some basic characteristics of the atmospheric surface layer // Boundary-Layer Meteorology 25th Anniversary Volume, 1970–1995. Springer, 1996. – P. 215-246.
7. Nagendran, R., Selvam, A., Joseph, K., Chiemchaisri, C. Phytoremediation and rehabilitation of municipal solid waste landfills and dumpsites: A brief review // Waste Manag. – 2006. – V. 26. – № 12. – P. 1357-69.
8. Nozhevnikova, A., Glagolev, M., Nekrasova, V., Einola, J., Sormunen, K., Rintala, J. The analysis of methods for measurement of methane oxidation in landfills // Water Science & Technology. – 2003. – V. 48. – № 4. – P. 45-52.
9. Sabrekov, A., Glagolev, M., Kleptsova, I., Machida, T., Maksyutov, S. Methane emission from mires of the West Siberian taiga // Eurasian Soil Science. – 2013. – V. 46. – № 12. – P. 1182-1193.
10. Stocker, T., Qin, D., Plattner, G., Tignor, M., Allen, S., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, B., Midgley, B. IPCC, 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change – 2013.
11. Themelis, N.J., Ulloa, P.A. Methane generation in landfills // Renewable Energy. – 2007. – V. 32. – № 7. – P. 1243-1257.
12. Zwisele, B., Kaazke, J., Wilke, B.-M. Development of a sustainable Waste Management Concept (WMC) for Khanty-Mansiysk, Russia. Final report. 2012. – 61.
13. Глаголев, М.В., Сабреков, А.Ф. Идентификация газообмена на границе экосистема/атмосфера: метод обратной задачи // Математическая биология и биоинформатика. – 2012. – V. 7. – № 1. – P. 81-101.
14. Зилитинкевич, С.С. Динамика пограничного слоя атмосферы. Гидрометеоиздат, 1970.
15. Калиткин, Н.Н. Численные методы – 1978.
16. Федоренко, Р. Введение в вычислительную физику // М.: Изд-во МФТИ. – 1994. – V. 4.
17. Химмельблау, Д., Скаржинский, В.Д., Горский, В.Г. Анализ процессов статистическими методами: Пер. с англ. Мир, 1973.

FLUXES OF CHEMICAL ELEMENTS FROM CENTRAL SIBERIAN PLATEAU WATERSHEDS, UNDERLAIN BY PERMAFROST

[1]Kolosov R.A., [1]Prokushkin A.S., [2]Pokrovsky O.S.

[1]V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russia
[2]Tomsk State University, Tomsk, Russia
E-mail: institute_forest@ksc.krasn.ru

Permafrost distribution on Central Siberian Plateau and dynamics of active layer thawing determine the fed-characteristic of subarctic rivers. During the winter mean water period the greatest contribution in river feeding is made by ground water discharged through taliks, during the frost-free period – by precipitation, infiltrating in soil (Prokushkin et al 2011). Climate data analysis indicates that temperature, precipitation and water discharge have been increasing during last 50 years for Central Siberian rivers.

Our objective was to estimate elements' fluxes (HCO_3^-, SO_4^{2-}, Cl^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}) from the Nizhnyaya Tunguska river basin (for the period 1970-2011) and from the Tembenchi river basin (for the period 1960-2011). For calculating daily fluxes, we applied the following stages: 1) elements' concentrations were multiplied by water discharges for all available dates; 2) then, we analyzed fluxes (F) dependence on water discharges (Q) for each

anion and cation and we found that this dependence could be described by the function $F = a \times Q^b$ most significantly (*a* and *b* – coefficients). Confidence levels (p) for *a* and *b* were obtained with using STATISTICA 10 and all coefficients for entire period and all anions had necessary reliability ($p \leq 0.05$, or $p \geq 95\%$).

Annual ions' fluxes from the Nizhnyaya Tunguska watershed has been increased. In particular, from 1960 to 2011 elements' flows increased : bicarbonate from 2.92 to 12.77 Mg/km^2/year, chloride from 0.95 to 11.07 Mg/km^2/year, sulfate from 1.13 to 2.79 Mg/km^2/year, calcium from 1.48 to Mg/km^2/year, magnesium from 0.4 to 1.44 Mg/km^2/year). Thus, total flux of the main ions have been risen more than 4.5 times from the Nizhnyaya Tunguska river basin. There are probable causes of this increasing: 1) increasing high latitude rivers' water discharges (Peterson et al, 2002); 2) permafrost degradation caused by climate warming (Frey and McClelland, 2009), which may lead to changes in river feeding. Trend of changing in elements' fluxes from the Tembenchi river basin is different from that for Nizhnyaya Tunguska. The flux growth (from 1970 to 2011) was observed for following ions: bicarbonate (from 6.96 to 11.63 Mg/km^2/year), calcium (from 2.46 to 4.84 Mg/km^2/year) and magnesium (from 0.57 to 0.94 Mg/km2/year). However, the sulfate flux has been decreased from 1.47 to 0.4 Mg/km^2/year and chloride flux varied from 1.88 to 3.39 Mg/km^2/year without any trend. Nevertheless, the total export of main ions from the Tembenchi watershed increased from 14.45 to 20.37 Mg/km2/year since 1970 to 2011.

As previously described, we used two different data sources and some differences in flux values were obtained. For example, sulfate flow from the Nizhnyaya Tunguska river basin from 2005 to 2011 changed within 1.82 – 2.32 Mg/km^2/year according to our data, and within 2.36 – 5.43 Mg/km^2/year according to ROSHYDROMET data. Also for Tembenchi sulfate flux had significant decrease from 1.54 Mg/km^2/year (1993, ROSHYDROMET data) to 0.54 Mg/km^2/year (2005, our data). Such fact may cause by some distinctions in sampling and water analysis.

This study has been financially supported by RSF Grant (№ 14-24-00113).

ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКСПОРТА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ С ТЕРРИТОРИИ ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ РЕК СРЕДНЕСИБИРСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ, ПОДСТИЛАЕМЫХ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТОЙ

[1]Колосов Р.А., [1]Прокушкин А.С., [2]Покровский О.С.

[1]Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия
[2]Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия
E-mail: institute_forest@ksc.krasn.ru

Водосборные бассейны Среднесибирского плоскогорья подстилаются многолетнемерзлыми породами, что обусловливает особенности формирования химического состава речных вод. Именно распространение мерзлоты на бассейне и динамика оттаивания сезонно-талого слоя (СТС) почвы определяют характер питания рек этого региона. Так, в период зимней межени главная роль в поступлении воды в реки отводится подземным водам, разгружающимся через сквозные талики. В безморозный период основным источником питания речных вод являются атмосферные осадки, инфильтрующиеся в почву в зависимости от глубины СТС (Prokushkin et al, 2011).

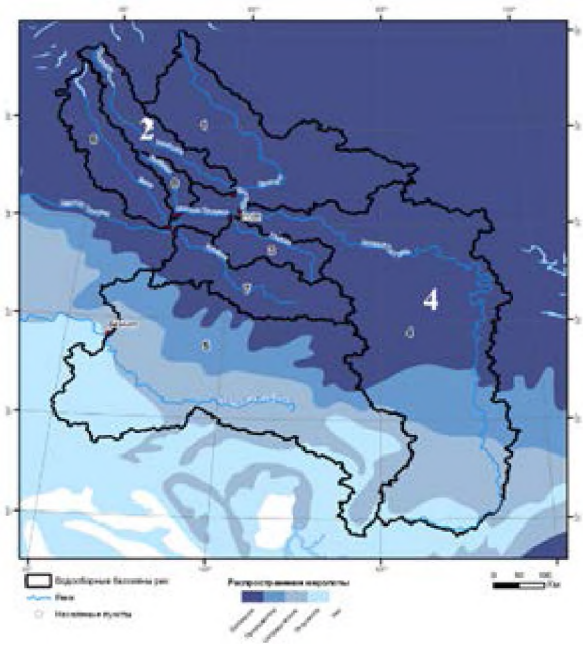

Рис. 1. Карта распространения мерзлоты на территории бассейнов рек Среднесибирского плоскогорья (на основе Brown et al. 1998)

Анализ климатических данных указывает на рост среднегодовых температур, количества и интенсивности осадков и расхода воды в реках Средней Сибири со второй половины XX века. В связи с этим изучение характеристик выноса элементов с территории водосборных бассейнов рек Среднесибирского плоскогорья может дать представление о тенденциях в интенсивностях биогеохимических процессов на бассейнах рек при климатических изменениях.

Целью данной работы является анализ характеристик экспорта химических элементов с территорий водосборных бассейнов рек Среднесибирского плоскогорья. Объектом исследования были рр. Нижняя Тунгуска (г/п Тура, 268000 км^2) и Тембенчи (г/п ф. Тембенчи, площадь 21600 км^2), различающиеся характером подстилания многолетней мерзлоты (Рис. 1).

Гидрохимический состав вод р. Нижняя Тунгуска исследуется нами ежегодно с 2004 г., р. Тембенчи – с 2006 года. Отбор проб производится на базе Эвенкийского ОЭП ИЛ СО РАН (пгт. Тура): в зимний период (октябрь – апрель) - 1 раз в месяц, в период весеннего половодья (май-июнь) – 2-3 раза в неделю, в период летней межени (июль-сентябрь) – 1 раз в неделю. Отобранные образцы речной воды фильтровались через 0.45 um (нитроцеллюлозный фильтр Millipore). Концентрации анионов (Cl^-, SO_4^{2-}) были получены методом ионной хроматографии (Dionex ICS 2000). Содержание гидрокарбонат-иона в образцах воды измеряли на анализаторе общего углерода (Vario TOC, Elementar). Концентрации катионов (Ca^{2+}, Mg^{2+}) были измерены с использованием автоматического атомно-абсорбционного спектрометра Perkin-Elmer 5100 PC или методом ICP-MS (Agilent 7500). В качестве архивных данных химического состава и расходов воды рр. Нижняя Тунгуска (1960-2011 гг.) и Тембенчи (1970-1993 гг.) использованы значения Среднесибирского УГМС (г. Красноярск).

Концентрации исследуемых ионов имеют обратную зависимость от расходов воды в реках (Рис. 2). В период весеннего половодья, обусловленного снеготаянием, речные воды разбавляются талыми, и их минерализация резко снижается (Кадамцева и др., 2005). В зимний период (с ноября по апрель) концентрации исследуемых ионов возрастают по мере промерзания деятельного слоя, когда основным источником питания речных вод служат таликовые и подмерзлотные воды, чей химический состав обусловлен залеганием эвапоритовых минералов и базальтовых пород. В результате, в зимнюю межень, когда значения расхода воды наименьшие за весь гидрологический год, минерализация увеличивается. (Кадамцева и др., 2005).

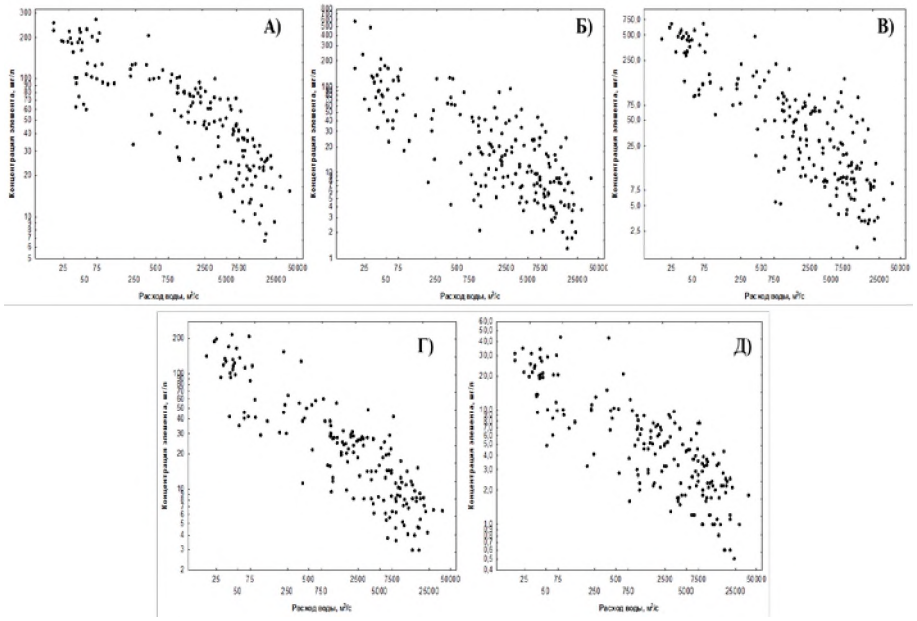

Рисунок 2. Зависимости концентраций основных ионов в русловом стоке от расходов воды р. Нижняя Тунгуска 1960 по 2011 гг, А) HCO_3^-, Б) Cl^-, В) SO_4^{2-}, Г) Ca^{2+}, Д) Mg^{2+})

В виду небольшого количества измерений в отдельные годы для анализа трендов изменений экспорта исследуемых анионов и катионов архивные данные Среднесибирского УГМС за период наблюдений были разбиты на десятилетия (для р. Нижняя Тунгуска - 1960-1969 гг., 1970-1979 гг., 1980-1989 гг., 1990-1999 гг., 2000-2009 гг., 2010-2011 гг; для р. Тембенчи – 1970-1979 гг., 1980-1989 гг., 1990-1993 гг.). Для сравнения были использованы данные ИЛ СО РАН для р. Нижняя Тунгуска с 2005 по 2011 гг., для р. Тембенчи – с 2008 по 2011 гг.

Экспорт главных ионов с территории водосборного бассейна рассчитывался умножением их концентраций в определенную дату на соответствующее значение расхода воды. После вычисления суточных значений экспорта элементов для каждой даты, был проведен анализ зависимостей потока (F) от расхода воды (Q) каждого аниона и катиона для десятилетних периодов. Наиболее достоверно зависимость F от Q описывается степенной функцией вида $F = a \times Q^b$, где a и b – рассчитываемые коэффициенты. Достоверности коэффициентов a и b из вышеуказанной формулы получены с помощью пакета STATISTICA 10 (Табл. 1). Уровень достоверности (p) принят при значениях $p \leq 0{,}05$ для обоих коэффициентов a и b. Как следует из таблицы, все коэффициенты имеют необходимую надежность. Исходя из полученных зависимостей, нами был вычислен суточный и далее годовой (сумма суточных значений) экспорт исследуемых химических элементов с водосборных бассейнов рек Нижняя Тунгуска и Тембенчи за весь изучаемый период (Рис. 3, Рис. 4, Рис. 5).

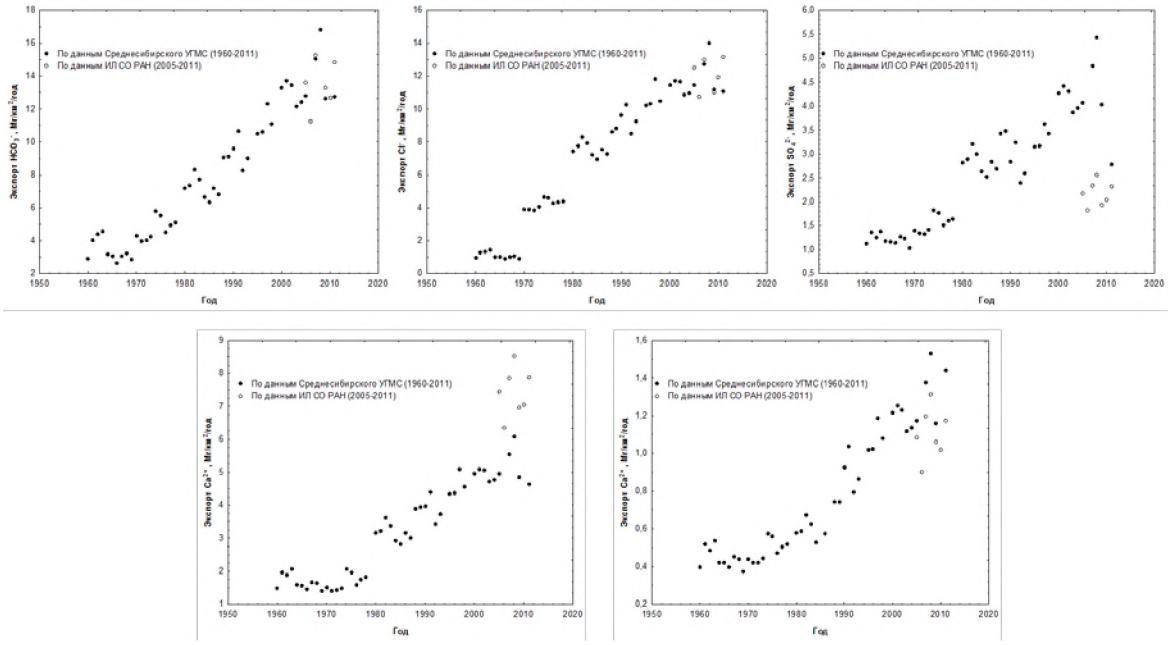

Рисунок 3. Динамика экспорта анионов и катионов с водосборного бассейна р. Нижняя Тунгуска.

Период	Химический элемент	Коэффициент a	Достоверность p (a)	Коэффициент b	Достоверность p (b)
1960-1969	HCO3	20038,2	0,000003	1,171	0,001476
	Cl	5976,1	0,000055	1,063	0,017121
	SO_4	2977,0	0,000000	0,428	0,013514
	Ca	7197,7	0,000005	0,806	0,016817
	Mg	1715,0	0,000018	0,713	0,043399
1970-1979	HCO3	14068,4	0,000000	0,539	0,000028
	Cl	6310,6	0,000000	0,218	0,000794
	SO_4	3683,5	0,000000	0,414	0,000366
	Ca	5302,8	0,000000	0,580	0,000005
	Mg	1210,8	0,000000	0,438	0,000095
1980-1989	HCO3	24360,5	0,000000	0,568	0,000000
	Cl	15447,6	0,000000	0,323	0,029846
	SO_4	8052,0	0,000000	0,472	0,000164
	Ca	9645,6	0,000000	0,508	0,000001
	Mg	2204,6	0,000000	0,648	0,000000
1990-1999	HCO3	26185,7	0,000000	0,561	0,000000
	Cl	17955,5	0,000000	0,378	0,000152
	SO_4	9237,2	0,000000	0,644	0,000182
	Ca	10318,6	0,000000	0,544	0,000000
	Mg	2582,5	0,000000	0,572	0,000000
2000-2009	HCO3	35356,4	0,000000	0,558	0,000000
	Cl	25688,5	0,000001	0,431	0,010474
	SO_4	11703,7	0,000000	0,582	0,000129
	Ca	11325,5	0,000000	0,446	0,000009
	Mg	3171,8	0,000000	0,530	0,000000
2010-2011	HCO3	31632,7	0,000000	0,556	0,000035
	Cl	19263,5	0,000112	0,347	0,016350
	SO_4	6435,0	0,000000	0,509	0,000005
	Ca	10669,7	0,000001	0,508	0,000178
	Mg	4014,2	0,000264	0,642	0,007329

Таблица 1. Значения коэффициентов a и b и их достоверность для функции $F = a \times Q^b$ (зависимость потока (F) главных ионов от расхода воды (Q)) для р. Нижняя Тунгуска.

Наблюдается тенденция роста годового экспорта исследуемых ионов с водосборного бассейна р. Нижняя Тунгуска. Поток гидрокарбонат-иона вырос с 1960 по 2011 год с 2,92 до 12,77 Мг/км^2/год, хлорид-иона с 0,95 до 11,07 Мг/км^2/год, сульфат-иона с 1,13 до 2,79 Мг/км^2/год с иона кальция с 1,48 до 4,64 Мг/км^2/год, иона магния с 0,4 до 1,44 Мг/км^2/год (Рис. 3). Таким образом, суммарный экспорт основных ионов с бассейна р. Нижняя Тунгуска вырос более, чем в 4,5 раза (с 6,88 до 32,72 Мг/км^2/год) (рис. 5). Можно выделить две вероятные причины такого изменения: 1) увеличение расходов воды в реках северных широт (Peterson et al, 2002); 2) деградация многолетней мерзлоты из-за потепления климата (Frey and McClelland 2009), которая может привести к изменению режима питания рек.

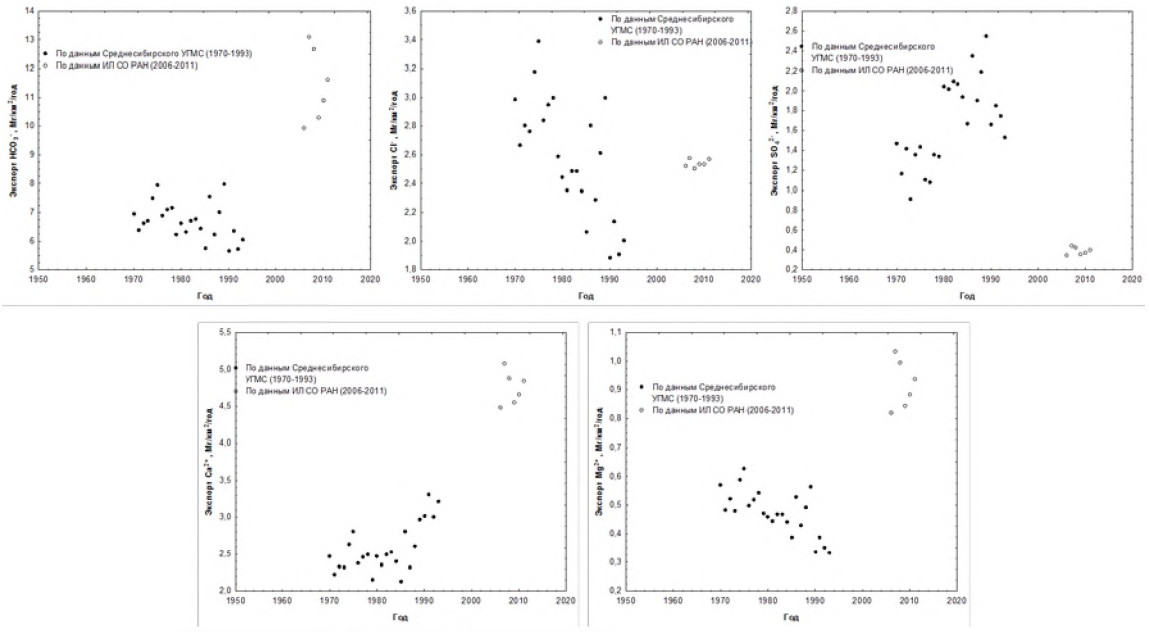

Рисунок 4. Динамика экспорта анионов и катионов с водосборного бассейна р. Тембенчи.

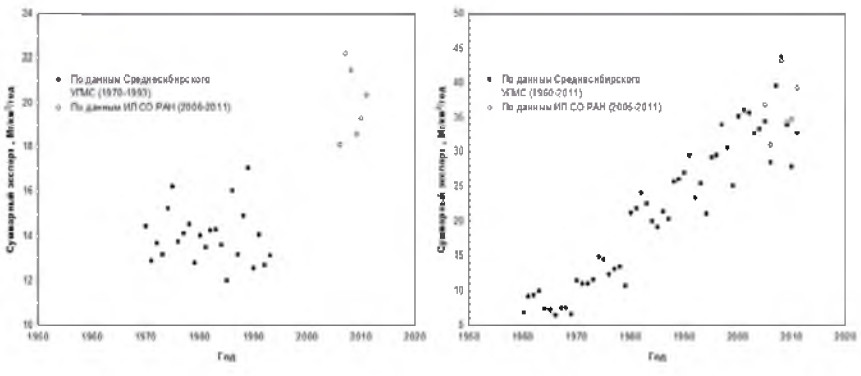

Рисунок 5 – Динамика суммарного экспорта основных анионов и катионов для р. Тембенчи с 1970 по 1993 и с 2005 по 2011 (слева) и р. Нижняя Тунгуска с 1960 по 2011 гг. (справа).

Тенденция в годовом выносе основных ионов с бассейна р. Тембенчи с 1970 по 2011 гг. отличается от таковой для бассейна р. Нижняя Тунгуска. Выявлен рост экспорта гидрокарбонат-иона (с 6,96 до 11,63 Мг/км^2/год), иона кальция (с 2,46 до 4,84 Мг/км^2/год), иона магния (с 0,57 до 0,94 Мг/км^2/год) (Рис. 4). Однако в выносе сульфат-иона наблюдается снижение (с 1,47 до 0,4 Мг/км^2/год), а в потоке хлорид-иона выделить какую-либо тенденцию невозможно, т.к. за рассматриваемый период его значения варьируются в пределе 1,88 – 3,39 Мг/км^2/год. Тем не менее, суммарный экспорт основных ионов увеличился с 14,45 до 20,37 Мг/км^2/год за период с 1970 по 2011 гг. (Рис. 5).

Как описано ранее, в данной работе для расчета потоков ионов использовались два источника данных, в связи с этим были выявлены некоторые различия в значениях годового экспорта основных анионов. Например, по нашим данным, поток иона кальция вырос примерно в 8 раз по сравнению с 1960 годом, по данным Среднесибирского УГМС – в 5 раз. Также неоднозначны показатели выноса сульфат-иона с бассейнов обеих исследуемых рек. Для р. Нижняя Тунгуска, по нашим данным, с 2005 по 2011 гг. его экспорт составляет от 1,82 – 2,32 Мг/км^2/год, по данным Среднесибирского УГМС – от 2,36 до 5,43 Мг/км^2/год. Для р. Тембенчи, ввиду отсутствия значений концентраций и расходов воды с 1994 по 2005 гг., наблюдается резкое уменьшение потока сульфат-иона с 1,54 Мг/км^2/год (1993 г., данные Среднесибирского УГМС) до 0,34 Мг/км^2/год (2005 г., данные ИЛ СО РАН). Описанный фактор может являться следствием различий в отборе образцов поверхностных вод и методах химического анализа. Тем не менее, общая тенденция к росту потоков изучаемых химических элементов в сравнении двух источников данных сохраняется.

Из всего вышеперечисленного можно сделать следующие выводы:

1) Общий экспорт анионов (HCO_3^-, SO_4^{2-}, Cl^-) и катионов (Ca^{2+}, Mg^{2+}) с водосборных бассейнов рек Нижняя Тунгуска (с 1960 по 2011 гг.) и Тембенчи (с 1970 по 2011 гг) увеличился с 6,88 до 32,72 Мг/км^2/год и с 14,45 до 20,37 Мг/км^2/год соответственно.

2) Существуют различия в количественных значениях выноса элементов на основе двух различных источников данных, однако общая тенденция сохраняется.

3) Потоки исследуемых в данной работе ионов с водосборного бассейна р. Нижняя Тунгуска демонстрируют тенденцию к увеличению. Но следует отметить, что вынос хлорид-иона с территории водосборного бассейна р. Тембенчи существенно не изменяется, а вынос сульфат-иона снизился в 4 раза.

4) Различия в характере залегания многолетнемерзлых пород на территории водосборных бассейнов рек (от островного до непрерывного на территории бассейна р. Нижняя Тунгуска и непрерывного на бассейне р. Тембенчи), а также разница в среднегодовых температурах на территории южной (бассейн р. Нижняя Тунгуска) и северной (бассейн р. Тембенчи) части Среднесибирского плоскогорья, вероятно, имеют влияние на изменение экспорта основных анионов и катионов.

Данная работа выполнена при поддержке гранта РНФ №14-24-00113.

Литература:

1. Гордеев, В. В. Геохимия системы река-море. М., И. П. Матушкина И. И., 2012. 452 с.
2. Кадамцева, Т. Н., Козак, С. З., Сидоркин, В. В., Федулова, А. М., Язвин, А. Л. Основные результаты поиска подземных вод для удовлетворения питьевых потребностей поселка Тура // Разведка и охрана недр. 2005. №11. С. 30-33
3. Prokushkin, A S et al. Sources and the flux pattern of dissolved carbon in rivers of the Yenisey basin draining the Central Siberian Plateau // Environmental Research Letters. 2011. № 6. С. 045212.
4. Frey K E and McClelland J W 2009 Impacts of permafrost degradation on arctic river biogeochemistry Hydrol. Process. 23 169–82

THE FACTOR ANALYSIS OF METEOROLOGICAL VARIABLES IN MESOOLIGOTROPHIC PEATLAND IN TAIGA ZONE OF THE NORTH-EAST OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA

[1]Lapina L.E., [2]Mikhaylov O.A., [1]Uspensky I.M.

[1]Komi SC UB RAS, Syktyvkar, Russia
[2]Institute of biology Komi SC UB RAS, Syktyvkar, Russia
E-mail: lapina@dm.komisc.ru, igor@dm.komisc.ru, mikter@mail.ru

The object of research is the mesooligotrophic peatland Medla-Pev-Njiur (61^{0}56' N,50^{0}13' E). This peatland also known as Ust-Pojeg in the international papers. It was investigated in 2008-2009 years in the framework of CARBO-North project. After the project finished the eddy covariance technique was used hereinafter from June 14, 2012.

The methane measurements started from June 14th 2012, so the data for analysis was taken from June 15th 2012 to October 20th 2012 and from April 16th 2013 to November 8th 2013 when the last day with the mean diurnal temperature more than +5 ^{0}C. The data absent during the period from August 22nd to September 9th. Into these periods the days with the mean diurnal temperature less than +5 ^{0}C appeared. Separately were taken "daily" (when PAR was more than 20 mmol (m^2 s)) and "night" data points. The data averaged by half-hour intervals was used for analysis. The data logger of incoming shortwave radiation was broken in 2013, so the data of net radiation was uncorrected and excluded from further analysis. That is why the analysis was made separately for 2012 and 2013 years.

In the analysis were added the Monin-Obuchov length scale (L) that characterized the stability of atmospheric processes and the kinetic energy of turbulent fluctuations. A total of 48 variables.

70 percent of the variance is covered for 2012: a total of 10 factors, "the daily" 13 factor, "night" of 12 factors for 2013: a total of 13 factors, "the daily" 13 factor "night" of 15 factors. That is, compared with the analysis of one month increased number of factors.

Conclusion:

Stability of the atmospheric processes may in some cases have a noticeable impact (especially at night).

It is necessary to take into account the option CH4CO2. The significance of it is determined by chemical reactions between methane and carbon dioxide.

Volumetric soil moisture in 2012 played a lesser role than the temperature. In 2013 volumetric soil moisture at a depth of 25 cm played an essential role, and at a depth of 10cm insignificant.

It is necessary to carry out a monthly analysis, because some of the data of October and May can spoil the overall picture.