

ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ДИНАМИКА ГЕОСИСТЕМ

УДК 550.46

АТМОСФЕРНЫЕ ВЫПАДЕНИЯ В БАССЕЙНЕ СРЕДНЕЙ ОБИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ СТОК РЕК

© 2010 г. О.Г. Савичев, А.О. Иванов

Томский государственный университет

Поступила в редакцию 24.07.2008 г.

Получены обобщенные данные по химическому составу атмосферных выпадений (период 1967–2007 гг.) в среднем течении р. Обь и их участии в ее гидрохимическом стоке. Расчеты показали, что среднемноголетнее значение поступлений главных ионов из атмосферы на водосборные территории составляет более 1400 тыс. т/год, $C_{\text{орг}}$ – более 490 тыс. т/год, из которых более 60–70% приходится на теплое время года. При этом в формировании ионного стока р. Обь в ее среднем течении доля атмосферных выпадений составляет 37%, а стока $C_{\text{орг}}$ 16%.

Атмосфера представляет собой среду, в которой происходит интенсивный массообмен между водными объектами, сушей и воздушными массами, оказывающий значительное влияние на гидрохимический сток и химический состав речных вод. Механизм этого влияния исключительно сложен и многообразен, но без его понимания невозможно объективно оценить причины, определяющие эколого-геохимическое состояние поверхностных водных объектов, что обуславливает актуальность соответствующих атмогеохимических исследований.

В данной работе эта проблема рассмотрена на примере бассейна р. Обь на участке ее среднего течения (от створа, выше по течению устья р. Томь, до устья р. Иртыш; далее используется термин “Средняя Обь”), преимущественно – в пределах Томской области. С учетом разделения компонентов атмосферы на механическую смесь газов, атмосферные аэрозоли и физические поля авторами был выполнен анализ только тех аспектов массообмена водосборных бассейнов с воздушными массами, которые непосредственно касаются поступления химических элементов и соединений из атмосферы в водные объекты путем выпадения твердых и жидких аэрозолей с атмосферными осадками и посредством “сухого” осаждения на поверхность водных объектов и их водосборов.

Прочие процессы массообмена, связанные с вулканической деятельностью, фотосинтезом, растворением и выделением из воды газов, физико-химическими процессами в атмосфере,

концентрированием веществ в воде в результате ее испарения, дефляцией почв и горных пород, эмиссией газов из болот и антропогенными выбросами веществ в атмосферу и т.д., специально не рассматриваются, а лишь было зафиксировано пространственное распределение в бассейне Средней Оби некоторых гидрохимических показателей снегового покрова, являющихся, по сути, интегральным результатом перечисленных выше процессов.

Методика исследований и исходная информация. Исследования проводились с учетом требований [6, 7] и включали: 1) полевые работы по отбору и консервации проб атмосферных вод для дальнейшего определения их химического состава в стационарных лабораториях, определение в полевых условиях концентраций быстроизменяющихся компонентов; 2) обобщение и статистический анализ материалов Росгидромета, Томского государственного университета (ТГУ), Томского политехнического университета (ТПУ), ОАО “Томскгеомониторинг”, Томской геолого-разведочной экспедиции (ТГРЭ) и ряда других организаций и авторов; 3) построение эмпирической модели атмосферных выпадений с сосредоточенными параметрами.

Полевые работы при непосредственном участии авторов проводились преимущественно в пределах Васюганского болота в бассейне р. Чая, в среднем и нижнем течении р. Томь и на прилегающих территориях Обь-Томского междуречья. Пробы снега массой 5–7 кг отбирались в соответствии с [6, 7] в конце зимнего периода с помо-

Таблица 1. Средний химический состав атмосферных осадков в бассейне Средней Оби и других регионах России, мг/дм³

Показатель	Бассейн Средней Оби ¹		Территория бывшего СССР			Северная Сибирь ⁴		Горный Алтай и Салаир ⁴
	снег	дождь	ЕТС ²	ЕТС ³	АТС ³	снег	дождь	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH	6.1	6.5	—	5.9	6.0	7.9	6.6	6.1
Ca ²⁺	3.1	5.4	1.09	2.0	2.0	12.0	1.7	4.4
Mg ²⁺	0.7	2.0	0.3	0.5	0.2	0.0	0.9	2.8
Na ⁺ + K ⁺	2.6	3.2	1.86	3.1	2.3	6.9	4.6	16.1
HCO ₃ ⁻	12.1	29.1	3.48	5.7	5.6	40.0	16.3	51.8
CO ₃ ²⁻	0.0	0.0	—	—	—	6.0	0.0	—
SO ₄ ²⁻	2.3	8.0	5.8	5.7	4.4	5.0	0.4	2.9
Cl ⁻	2.4	3.2	1.42	1.8	1.5	10.5	4.8	8.2
Σ _и	23.1	50.9	13.95	18.8	16.0	80.4	28.7	86.2
CO ₂	14.4	5.9	—	—	—	—	—	—
NH ₄ ⁺	0.74	1.23	0.69	0.6	0.8	5.4	0.2	0.8
NO ₃ ⁻	0.98	0.01	0.71	0.8	0.7	—	—	0.8
NO ₂ ⁻	0.03	0.96	—	—	—	—	—	0.01
PO ₄ ³⁻	0.14	—	—	—	—	—	—	—
Fe	0.09	0.11	—	—	—	—	—	—
C _{орг}	1.5	1.5	—	—	—	—	—	—
Нефтепродукты	0.05	—	—	—	—	—	—	—
Cu	0.0046	0.0096	—	—	—	0.0026	0.001	0.0007
Zn	0.0125	0.139	—	—	—	0.010	0.003	0.0055
Pb	0.0032	0.0111	—	—	—	0.001	0.0003	0.0010
Ni	0.0010	0.0012	—	—	—	0.008	0.0002	0.0002
Sr	0.0022	—	—	—	—	—	—	0.0075
Mn	0.0149	0.0423	—	—	—	0.0037	0.004	0.0160
Ba	0.0027	0.0052	—	—	—	—	—	0.0047
Количество проб	12–172	8–65	—	—	—	2	2	5

Примечания. 1 – обобщение материалов ТГУ, ТПУ, ОАО “Томскгеомониторинг” (в том числе, полученных авторами), ТГРЭ и данных [Ресурсы поверхностных..., 1972; Рассказов и др., 1975; Рогов, Попов, 1985; Коробкин, 1986; Воробьева и др., 1992; Покатилов, 1993; Экология Северного..., 1994; Казанцев, 1998; Туров и др., 1998; Инишева, Инишев, 2001; Состояние геологической..., 2002; Колоколова, 2003; Семина, Иванов, 2003; Шварцева, Манылова, 2003; Базанов и др., 2004]; 2 – [Алекин, 1970] (1958–1961 гг.); 3 – [Основы гидрогеологии. Гидрогеохимия, 1982]; 4 – [Шварцев, 1998].

щью пробоотборника на всю толщину снежного покрова. Оттаивание проводилось при комнатной температуре. При этом сразу же выделялась твердая фракция путем фильтрования, а в пробах талых вод при невозможности их быстрой доставки в стационарные лаборатории определялось содержание быстроизменяющихся компонентов (pH, Fe²⁺, Fe³⁺, HCO₃⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺) в соответствии с требованиями, изложенными в [23]. Все остальные компоненты анализировались в стационарных лабораториях из консервированных проб воды. Главные ионы, биогенные и некоторые органические вещества (или косвенные показатели их содержания) анализировались в аккредитованных лабораториях ТПУ и ОАО “Томскгеомониторинг” по аттестованным методикам.

Методика исследований пространственных изменений атмогеохимических характеристик включала в себя: 1) обобщение материалов, полученных из разных источников, их визуальный анализ и исключение недостоверных данных; 2) расчет статистических параметров рядов наблюдений и погрешностей их определения; 3) проверку временных рядов на однородность и случайность; 4) анализ пространственных взаимосвязей между гидрохимическими характеристиками. Обобщение материалов включало в себя качественное сопоставление опубликованных обобщенных сведений (гидрохимическая классификация, диапазон изменений концентраций, методы определения и т.д.) и статистические процедуры обработки количественной информации,

предусматривавшие исключение экстремальных значений, согласно [27]. Всего (не считая обобщенные сведения, опубликованные другими авторами) проанализировано более 240 проб. Период наблюдений охватывает 1967–2007 гг.

Результаты исследований и их обсуждения. Химический состав атмосферных аэрозолей определяется совокупностью природных и антропогенных факторов, подверженных пространственно-временным изменениям. Соответственно, наблюдаются заметные отличия в химическом составе атмосферных аэрозолей и осадков в разных ландшафтных зонах и на разных высотах и удалении от промышленных центров и крупных городов [13, 45]. Эти отличия проявляются и на рассматриваемой территории обского бассейна, в пределах которого отмечается уменьшение суммы и содержаний отдельных главных ионов в атмосферных осадках с юго-запада на северо-восток (т.е. по мере удаления от степных территорий Казахстана и Южной Сибири) и в районах Кузнецкого Алатау и Горной Шории.

Процесс выведения веществ из атмосферы при ряде допущений описывается уравнением турбулентной диффузии, практическое применение которого для региональных оценок затруднено из-за отсутствия или недостаточности достоверной геохимической и метеорологической информации и ряда других причин [21]. В связи с этим для решения рассматриваемой задачи был использован упрощенный подход, в соответствии с которым величина выпадения веществ из атмосферы V_{AO} (в тыс. т/год) определялась в целом для территории бассейна Средней Оби по выражению:

$$V_{AO} = W_{AO} \cdot (C_{\text{дождь}} \cdot 0.7 + C_{\text{снег}} \cdot 0.3),$$

где W_{AO} – объем атмосферных осадков, выпадающих в среднем за многолетний период на территории водосбора, км³; $C_{\text{дождь}}$ и $C_{\text{снег}}$ – средние по территории бассейна Средней Оби концентрации вещества в дождевых и снеговых водах, мг/дм³; 0.7 и 0.3 – средние по региону доли атмосферных осадков, выпавших в теплый и холодный периоды года соответственно, определены согласно [28].

Величина W_{AO} также принята по [28] как объем атмосферных осадков, выпадающих на участке от с. Дубровино до с. Александровское: $W_{AO} = 507\,000 \text{ км}^2 \cdot 648 \text{ мм} = 329 \text{ км}^3/\text{год}$, где $507\,000 \text{ км}^2$ – площадь водосбора между с. Александровское и с. Дубровино; 648 мм – слой осадков в бассейне р. Обь для замыкающего створа у с. Прохоркино), а средние содержания макрокомпонентов $C_{\text{орг.}}$ нефтепродуктов, биогенных веществ и некоторых микроэлементов получены

в результате обобщения материалов ТГУ, ТПУ, ОАО “Томскгеомониторинг”, ТГРЭ и ряда опубликованных источников (табл. 1). При этом необходимо отметить, что представленные в табл. 1 сведения о содержании веществ в атмосферных осадках включают данные о выпадении веществ и непосредственно с осадками, и путем “сухого” осаждения.

Выполненные расчеты (табл. 2) показали, что на поверхность водосборного бассейна Средней Оби в среднем выпадает в процентах от выноса с водами р. Обь (у с. Александровское): макрокомпоненты – около 60%; $C_{\text{орг.}}$ – около 40%. Если же допустить, что коэффициент поступления изученных веществ в речную сеть примерно равен коэффициенту стока атмосферных осадков, то атмосферная составляющая выноса с речными водами с учетом невязки гидрохимического баланса рассматриваемой территории [32] оценивается в размере: макрокомпоненты – 37.4%; $C_{\text{орг.}}$ – 16.3%.

Для нефтепродуктов в предположении, что их содержание в снеге и дожде примерно равно, выпадение на поверхность водосборного бассейна составляет около 23.6% от гидрохимического стока (поступление непосредственно в реки – 7.8%). Иное соотношение между атмосферным поступлением и гидрохимическим стоком характерно для азота нитратного, нитритного и аммонийного, выпадение которого из атмосферы превышает вынос с речными водами, что согласуется с данными [2] о преобладании потока азота и ряда других веществ (Cu, Pb, Zn и др.) в океан из атмосферы над речным привносом. Таким образом, можно сделать вывод, что выпадение веществ с атмосферными осадками и путем “сухого” осаждения играет весьма существенную роль в формировании общего гидрохимического стока Средней Оби, в том числе стока токсичных микропримесей, например фталатов, ПАУ и т.д. (табл. 3).

Вычленение из полученных значений составляющих, связанных с “вымыванием” и “сухим” осаждением веществ из атмосферы, затруднено из-за отсутствия достоверных данных о массе атмосферных выпадений и скорости осаждения веществ по рассматриваемой территории и в течение года. Ориентировочно, исходя из предположения, что плотность аэрозоля в приземном слое примерно равна 2.5 г/см^3 [9], а радиус частиц условно равен 1 мкм, была оценена скорость оседания по формуле Стокса [4] в размере 0.03 см/с и удельное выпадение ряда веществ посредством “сухого” осаждения. На основании этих данных в первом приближении получены доли “сухого”

Таблица 2. Средние величины выпадения веществ из атмосферы на поверхность водосбора и реки бассейна Средней Оби (с учетом коэффициента стока 0.33), тыс. т/год

Показатель	Выпадение на водосбор путем “сухого” осаждения и с осадками		Выпадение на водосбор за год	Поступление в реки за год
	жидкими	твердыми		
1	2	3	4	5
Ca ²⁺	1243.6	306.0	1549.6	511.4
Mg ²⁺	460.6	69.1	529.7	174.8
Na ⁺ + K ⁺	737.0	256.6	993.6	327.9
HCO ₃ ⁻	6701.7	1194.3	7896.0	2605.7
SO ₄ ²⁻	1842.4	227.0	2069.4	682.9
Cl ⁻	737.0	236.9	973.8	321.4
Σ _и	11 722.3	2289.8	14 012.1	4624.0
NH ₄ ⁺	283.3	73.0	356.3	117.6
NO ₃ ⁻	2.3	96.7	99.0	32.7
NO ₂ ⁻	221.1	3.0	224.0	73.9
PO ₄ ³⁻	—	13.8	—	—
Fe	25.3	8.9	34.2	11.3
C _{орг.}	345.5	148.1	493.5	162.9
Нефтепродукты ¹	—	4.94	—	—
Cu	2.21	0.45	2.66	0.9
Zn	32.01	1.23	33.25	11.0
Pb	2.56	0.32	2.87	0.9
Ni	0.28	0.10	0.38	0.1
Mn	9.74	1.47	11.21	3.7
Ba	1.20	0.27	1.46	0.5

Примечание. При равных концентрациях нефтепродуктов в дожде и снеге их выпадение на поверхность водосбора в теплое время года составит 11.5 тыс. т/год, в целом за год – 16.5 тыс. т/год.

Таблица 3. Содержание органических микропримесей в атмосферном аэрозоле и снеге, их выпадение с твердыми атмосферными осадками в бассейне р. Обь

Компонент	Содержание в атмосферном аэрозоле ¹ , нг/м ³	Снег в бассейне Средней Оби	
		содержание, мкг/дм ³	выпадение, т/год
Фталаты	0.2...2.0 (р.Огайо,США)	10.074 ²	994
ПАУ	0.01...0.16 (Национальный парк, штат Орегон, США)	0.006 ²	1
Органические фосфаты	—	0.15 ²	15
Формальдегид	4.9±2.4 (Ирландия, над морем)	57 ³	5626

Примечания. Концентрации ОВ приняты по: 1 – приводится по [Warneck, 1988]; 2 – [Туров и др., 1998], снег на окраине г. Стрежевой; 3 – [Состояние поверхностных..., 2002], среднее содержание в снеге в бассейне р. Томь по данным ОАО “Томскгеомониторинг” и ТПУ.

осаждения и вымывания осадками в общем атмосферном выпадении на водосбор, составляющие в среднем для рассмотренных веществ 14 и 86% соответственно (табл. 4).

При анализе атмосферных выпадений веществ закономерно возникает вопрос о соотношении их природных и антропогенных компонентов, имеющих важное значение при прогнозе состояния

водных объектов. Согласно [15], антропогенные источники обуславливают содержание в атмосфере: диоксида серы 51%; оксидов азота 1.4%; железа 12%; цинка 61%; углеводородов менее 1%. По данным других авторов, с деятельностью человека связано присутствие в атмосфере не менее 10% ряда органических соединений [13] и примерно 23% закиси азота, причем наблюдается

Таблица 4. Средние значения содержаний веществ в атмосферном аэрозоле и их выпадения в бассейне Средней Оби путем “сухого” осаждения и с атмосферными осадками

Показатель	Содержание в аэрозоле ¹ , мг/м ³	“Сухое” осаждение ²		Осаждение	Вымывание
		т/(год×км ²)	тыс. т/год	% от суммы	
Ca ²⁺	0.0027	0.025	12.729	0.8	99.2
Mg ²⁺	0.0002	0.002	1.007	0.2	99.8
Na ⁺ + K ⁺	0.0077	0.0725	36.7603	3.7	96.3
HCO ₃ ⁻	0.3023	2.860	1450.180	18.4	81.6
SO ₄ ²⁻	0.0608	0.576	291.846	14.1	85.9
Fe	0.0005	0.005	2.634	7.7	92.3
Mn	0.0002	0.002	0.897	55.1	44.9
Среднее	—	—	—	14.3	85.7

Примечания. 1 – обобщение данных [Ивлев, 1982; Воробьева и др., 1992; Ковальская и др., 1999]; 2 – выпадение на участке от с. Дубровино до с. Александровское.

ежегодное увеличение антропогенной составляющей потока последнего вещества [44]. Также отмечено постепенное увеличение концентраций макрокомпонентов в атмосферных осадках, выпадающих на европейской территории России [11], и зафиксирован существенный вклад хозяйственной деятельности в формирование химического состава твердого осадка снежного покрова в общем бассейне [37].

В целом роль антропогенных источников в формировании химического состава атмосферы в мире достаточно велика, в связи с чем их влияние не может не сказаться на состоянии водных объектов. Оценке этого воздействия посвящено большое количество работ, среди которых следует отметить работы [8, 11, 12, 22, 40]. Согласно указанным авторам, в разных регионах мира наблюдается закисление поверхностных и подземных вод, проявляющееся в уменьшении pH, концентраций HCO₃⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, увеличении содержаний Fe³⁺, Si, Al³⁺ и смене геохимического типа вод (с гидрокарбонатного кальциевого на сульфатный натриевый), причем в европейской части России эти процессы в наибольшей степени проявляются в арктической зоне [12]. В бассейне Верхней Оби, по оценкам В.А. Шлычкова и П.Ю. Пушистова, расположенная в соседнем Казахстане Экибастузская ГРЭС обуславливает от 10 до 26% выноса сульфатов в весенний период с водами р. Обь.

Можно предположить, что эти выводы, хотя бы частично, справедливы и для рассматриваемой территории, тем более, что в воздух населенных пунктов рассматриваемой территории ежегодно выбрасывается сотни тысяч тонн различных веществ (табл. 5), а максимальный ореол загрязнения снежного покрова для сибирских городов составляет от 52.7 км для г. Омск до 1440 км для г. Новосибирск [5, 41, 43]. В то же время нельзя

не отметить, что имеющиеся данные не позволяют выделить статистически значимые тенденции изменения минерализации речных вод в последние 30 лет [31]. Следовательно, в течение этого периода либо влияние атмосферных загрязнений было примерно на одном уровне, либо существует мощный механизм его “нейтрализации”, либо наблюдается и то, и другое.

Результаты изучения имеющейся информации свидетельствует в пользу именно третьего предположения, что позволяет рассматривать поступление веществ в водные объекты из атмосферного воздуха как природно-антропогенный фактор формирования гидрохимического стока [32]. Анализ опубликованных данных о состоянии атмосферного воздуха на территории городов бассейна Средней Оби показал, что в многолет-

Таблица 5. Выбросы веществ в атмосферный воздух на территории Томской области предприятий и транспорта в среднем за 1992...2002 гг., тыс. год

№	Вещество	Выбросы
1	Отходящих от стационарных источников всего	402.2
1.1	В том числе: твердых веществ	120.5
1.2	Сернистый ангидрид	10.01
1.3	Оксид углерода	98.57
1.4	Окислы азота	12.37
1.5	Углеводороды	49.15
2	Всего выброшено в атмосферу	221
3	Выброшено от автотранспорта всего:	166.1
3.1	В том числе: твердых веществ	2.7
3.2	Оксид углерода	108.4
3.3	Оксид азота	12.88
3.4	Оксид серы	3.877
3.5	Углеводороды	20.35

нем изменении содержаний отдельных газов и органических примесей часто прослеживаются взаимно противоположные тенденции, но общий химический состав приземных слоев атмосферы во многих случаях не претерпел существенных изменений за последние несколько десятилетий. Так, в Томске с 1993 по 2001 г. Г.Г. Журавлевым с соавторами [10] выявлено определенное увеличение концентраций формальдегида, некоторое уменьшение фенола, пыли и отмечен примерно постоянный уровень содержаний в воздухе диоксида азота и оксида углерода. Подобная картина в целом отмечается и в других регионах России [29].

Выводы. Учитывая результаты анализа данных, а также тот факт, что основной промышленный потенциал региона сформировался в 1930–1960 гг. (в северной части рассматриваемой территории – в 1960–1970 гг.), можно предположить, что для рассматриваемого периода 1970–2000-е годы характерен условно постоянный уровень воздействия атмосферного загрязнения на водные объекты. Другим фактором относительной стабильности химического состава природных вод региона является поддержание равновесия глобальной карбонатной системы в результате обмена CO_2 между атмосферой и водами, био- и геохимических процессов, обеспечивающего в многолетнем разрезе стабильный уровень содержания в поверхностных водах иона HCO_3^- , в значительной мере определяющего общую минерализацию вод.

Согласно выполненным расчетам, атмосферные выпадения играют исключительно важную роль в гидрохимическом балансе Средней Оби, так как атмосферная составляющая выноса с речными водами оценивается в 37.4% для макроэлементов и 16.3% для органического углерода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексин О.А.* Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоздат, 1970. 444 с.
2. *Андруз Дж., Бримблекумб П., Джикелз Т., Лисс П.* Введение в химию окружающей среды / перевод с англ. А.Г. Заварзиной. М.: Мир, 1999. 271 с.
3. *Базанов В.А., Савичев О.Г., Волостнов Д.В. и др.* Влияние шламовых амбаров на геохимическое состояние болотных экосистем в бассейне реки Васюган // Изв. Томск. политехн. ун-та. 2004. № 2. С. 72–75.
4. *Берлянд М.Е.* Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеоздат, 1975. 448 с.
5. *Воробьева А.И., Медведев М.А., Волкотруб Л.П., Васильев Н.В.* Атмосферные загрязнения Томска и их влияние на здоровье населения. Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1992. 192 с.
6. *Головин А.А., Москаленко Н.Н., Ачкасов А.И., Волочкович К.Л. и др.* Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1 : 200 000. М.: ИМГРЭ, 2002. 92 с.
7. ГОСТ 17.1.5.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. Дата введения 07.01.1986.
8. *Джамалов Р.Г., Злобина В.Л., Мироненко М.В., Рыженко Б.Н.* Влияние закисления атмосферных осадков на химические равновесия. Полевые данные. Термодинамическое моделирование // Водные ресурсы. 1996. № 5. С. 556–564.
9. *Дубов А.С., Быкова Л.П., Марунин С.В.* Турбулентность в растительном покрове. Л.: Гидрометеоздат, 1978. 184 с.
10. *Журавлев Г.Г., Иванова Э.В., Мананков А.В.* Оценка пространственно-временного распределения основных и специфических примесей в атмосфере города Томска // Вестн. Томск. гос. ун-та. 2003. № 3 (IV). С. 171–173.
11. *Зверев В.П., Варванина О.Ю.* Антропогенные изменения химического состава атмосферных осадков европейской России и их влияние на подземные воды // Геоэкология. 2000. № 3. С. 216–223.
12. *Злобина В.Л.* Воздействие атмосферных осадков на закисление подземных вод: Автореф. дис. ... докт. геол.-минер. наук. М.: ИВП РАН, 2002. 49 с.
13. *Излев Л.С.* Химический состав и структура атмосферных аэрозолей. Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. 368 с.
14. *Инишева Л.И., Инишев Н.Г.* Элементы водного баланса и гидрохимическая характеристика олиготрофных болот южно-таежной подзоны Западной Сибири // Водные ресурсы. 2001. № 4. С. 410–417.
15. *Кабанов М.В.* Региональный мониторинг атмосферы. В 4 ч. Ч. 1. Научно-методические основы. Томск: Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 1997. 211 с.
16. *Казанцев В.А.* Проблемы педалогенеза на примере Барабинской равнины. Новосибирск : Наука, 1998. 280 с.
17. *Ковальская Г.А., Микушин В.В., Федулкина М.А., Суторихин И.А.* Исследование элементного состава атмосферного аэрозоля рек Оби и Томи по маршруту г. Томск – г. Сургут // Экология пойм сибирских рек и Арктики: тр. 1-го международного совещания. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. С. 142–149.
18. *Ковальская Г.А., Павлов В.Е., Суторихин И.А. и др.* Элементный состав аэро- и гидрозоля в бассейне

- Средней Оби // *Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия*: матер. научн. конф. Томск: Изд-во НТЛ, 2000. С. 221–222.
19. Колоколова О.В. Геохимия подземных вод района Томского водозабора: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Томск: ТФ ИГНГ СО РАН, 2003. 21 с.
20. Коробкин В.А. Режим, формирование и использование подземных вод Обь-Томского междуречья: Автореф. дис. канд. геол.-минер. наук. Томск: Томск. инж.-строит. ин-т, 1986. 23 с.
21. Ландсберг Г.Е. Климат города. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 248 с.
22. Моисеенко Т.И. Определение критических нагрузок кислотных выпадений для поверхностных вод // *Водные ресурсы*. 2002. № 3. С. 322–328.
23. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. СПб.: “Крисмас+”, 1999. 232 с.
24. Основы гидрогеологии. Гидрогеохимия / Под ред. С.Л. Шварцева. Новосибирск: Наука, 1982. 286 с.
25. Покатилов Ю.Г. Биогеохимия биосферы и медико-биологические проблемы. Новосибирск: ВО “Наука”, 1993. 168 с.
26. Рассказов Н.М., Удодов П.А., Назаров А.Д., Емельянова Т.Я. Болотные воды Томской области // *Изв. Томск. политехн. ин-та*. 1975. Т. 297. С. 102–117.
27. РД 52.24.622-2001. Методические указания. Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков. М.: Фед. служба России по гидрометеорологии и мониторингу окр. среды, 2001. 68 с.
28. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15. Вып. 2. Алтай и Западная Сибирь. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 408 с.
29. Ровинский Ф.Я., Егоров В.И., Громов С.А. и др. Фоновое загрязнение природной среды на территории России. Современные тенденции многолетних изменений // *Состояние и комплексный мониторинг природной среды и климата. Пределы изменений*. М.: Наука, 2001. С. 156–176.
30. Rogov G.M., Popov V.K. Гидрогеология и катагенез пород Кузбасса. Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1985. 192 с.
31. Савичев О.Г. Реки Томской области: состояние, использование и охрана. Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2003. 202 с.
32. Савичев О.Г. Условия формирования ионного стока в бассейне Средней Оби // *Изв. Томск. политехн. ун-та*. 2005. Т. 308, № 2. С. 54–58.
33. Семин Т.А., Иванов А.О. Геохимические особенности покрова г. Томска и его окрестностей // *Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири*: тр. науч. конф. Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2003. С. 114–117.
34. Состояние геологической среды на территории Томской области в 2001 г.: информационный бюллетень / Под ред. В.А. Льготина. Томск: ТЦ Томскгеомониторинг, 2002. Вып. 7. 134 с.
35. Состояние поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории Томской области в 2001 г.: информационный бюллетень / Под ред. В.А. Льготина и Ю.В. Макушина. Томск: ТЦ Томскгеомониторинг, 2002. Вып. 4. 82 с.
36. Туров Ю.П., Пирогова И.Д., Гузиева М.Ю., Ермашова Н.А. Органические микропримеси в природных водах в районе г. Стрежевого // *Водные ресурсы*. 1998. № 4. С. 455–461.
37. Шатилов А.Ю. Вещественный состав и геохимическая характеристика пылевых атмосферных выпадений на территории Обского бассейна: Дис. ... канд. геол.-минер. наук. Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2001. 205 с.
38. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-е изд. М.: Недра, 1998. 366 с.
39. Шварцева Н.М., Манылова Л.С. Эколого-геохимическое состояние природных вод в пределах Академгородка г. Томска // *Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири*: тр. науч. конф. Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2003. С. 286–289.
40. Шлычков В.А., Пушистов П.Ю. Оценка загрязнения бассейна Верхней Оби вследствие дальнего переноса соединений серы // *Обской вестник*. 1997. № 2/3. С. 97–98.
41. Экологический мониторинг. Состояние окружающей природной среды Томской области в 2001 году: Обзор. Управление охраны окружающей среды Администрации Томской области; ОГУ “Облком-природа”. Томск: Дельтаплан, 2002. 138 с.
42. Экология Северного промышленного узла г. Томска. Проблемы и решения / Под ред. А.М. Адама. Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1994. 260 с.
43. Юданова Л.А., Акулов А.И., Мингазов И.Ф. Промышленные выбросы и аллергия: аналитический обзор. Новосибирск: ГПНТБ СО АН СССР, 1990. 126 с.
44. Khalil M.A.K., Rasmussen R.A. Increase and seasonal cycles of nitrous oxide in the earth's atmosphere // *Tellus*. 1983. V. 35B. № 3. P. 161–169.
45. Warneck P. Chemistry of natural atmosphere London: Academic Press Inc., 1987. 189 p.

Atmospheric Losses in the Middle Ob River Basin and their Influence on a Hydrochemical Runoff of the Rivers

O.G. Savichev, A.O. Ivanov

Tomsk State University

Generalization of results of researches and data of other authors about losses of chemical substances from an atmosphere in the Middle Ob river basin from 1967 to 2007 years is executed. The estimation of average long-term receipts of chemical substances from an atmosphere on drainage basin is received: the main ions – more than 1400 thousand ton/year, carbon of organic substances – more than 490 thousand ton/year. More than 60–70% of atmospheric losses drop out in a warm season. Atmospheric losses form about 37% of an ionic runoff of the Middle Ob river and about 16% of a runoff of carbon of organic substances.