

ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ И ГЕОХИМИЯ

Д. В. Московченко, В. А. Пуртов, И. В. Завьялова

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Обоснована необходимость использования бассейнового метода при анализе гидроэкологических ситуаций. Определены показатели химического состава воды рек различных водосборных бассейнов на территории Ханты-Мансийского автономного округа.

За период освоения нефтяных месторождений, в особенности за два последних десятилетия, накоплен огромный фактический материал, отражающий особенности гидрохимии рек северной части Западной Сибири. Гидрохимические исследования имеют большое значение для анализа экологической ситуации в регионе. При ландшафтно-геохимических исследованиях вода рассматривается как один из основных блоков, через который проходят потоки вещества [Снытко, 1974], в том числе техногенные. Поэтому гидроэкологические ситуации служат в известной степени «зеркалом» общей экологической обстановки в регионе [Коронкевич и др., 1995].

Особенности химического состава и оценка качества поверхностных вод в районах нефтедобычи отражены во множестве работ. Как правило, основным методическим приемом исследований являются анализ рядов данных, полученных для какого-либо водного объекта, определение особенностей гидрохимического режима за какой-либо промежуток времени, вычисление средних величин содержания отдельных химических веществ и интегральных показателей качества вод и сопоставление с экологическими нормативами.

Вместе с тем выбор в качестве объекта исследований отдельного водотока (даже такого крупного, как р. Обь) ограничивает возможности анализа последствий природопользования в регионе. Известно, что в функционировании аквальных систем разных рангов роль водосборного бассейна проявляется неоднозначно. Связь реки с водосбором, осуществляемая посредством твердого стока и стока растворенных веществ, носит опосредованный характер и зависит от места водотока в структуре гидрографической сети (главная река, приток, порядок притоков) и функций (дренаж, транзит) [Ландшафтные воды..., 2005]. При описании гидрохимических особенностей отдельных водотоков, как правило, слабо освещается вопрос территориальных различий в формировании состава вод, в том числе вследствие влияния техногенных источников. Следует отметить также, что речные воды представляют собой сложную подвижную среду и часто их состав отражает условия формирования весьма отдаленных от точки наблюдений участков, поэтому затруднено объективное выявление факторов, влияющих на состав и качество вод.

По нашему мнению, для изучения воздействия природопользования на состав поверхностных вод наиболее целесообразен бассейновый подход, при котором в качестве объектов исследований выступают водосборные бассейны как единое целое.

Бассейновый метод исследования получил широкое распространение для решения различных задач, связанных с оценкой экологических ситуаций, и рассматривается как один из способов деления ландшафтно-геоэкологического пространства. Выделение пространственных единиц, являющихся объектами анализа, проводится при этом по объективным параметрам и может быть выполнено с использованием компьютерных программ. Бассейновые геосистемы имеют строгую иерархическую упорядоченность, они связаны потоками вещества и энергии, что обеспечивает возможность выявления прямых и обратных связей при воздействии на водные объекты. Поэтому бассейновый подход дает возможность оценивать собранную информацию и прогнозировать поведение геосистем при внешних воздействиях, а также осуществлять анализ на любом иерархическом уровне.

По данным о гипсометрических уровнях и высотах цифровой топографической основы Госгисцентра Федерального агентства геодезии и картографии (Роскартографии) масштаба 1:200 000 в ГП ХМАО «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В. И. Шпильмана» была выполнена цифровая модель рельефа, которая послужила основой для выделения бассейнов потоков. Модель получена с помощью программы GST, расчеты проведены с использованием программного продукта TNTmips.

Практически вся территория ХМАО относится к Обь-Иртышской водосборной области, в пределах которой на ней выделено 10 водосборных бассейнов с хорошо выраженной структурой речной сети и четкой водораздельной границей [Атлас..., 2006] (рис.). Далее приводится описание природных и техногенных факторов, влияющих на гидрохимию этих бассейнов.

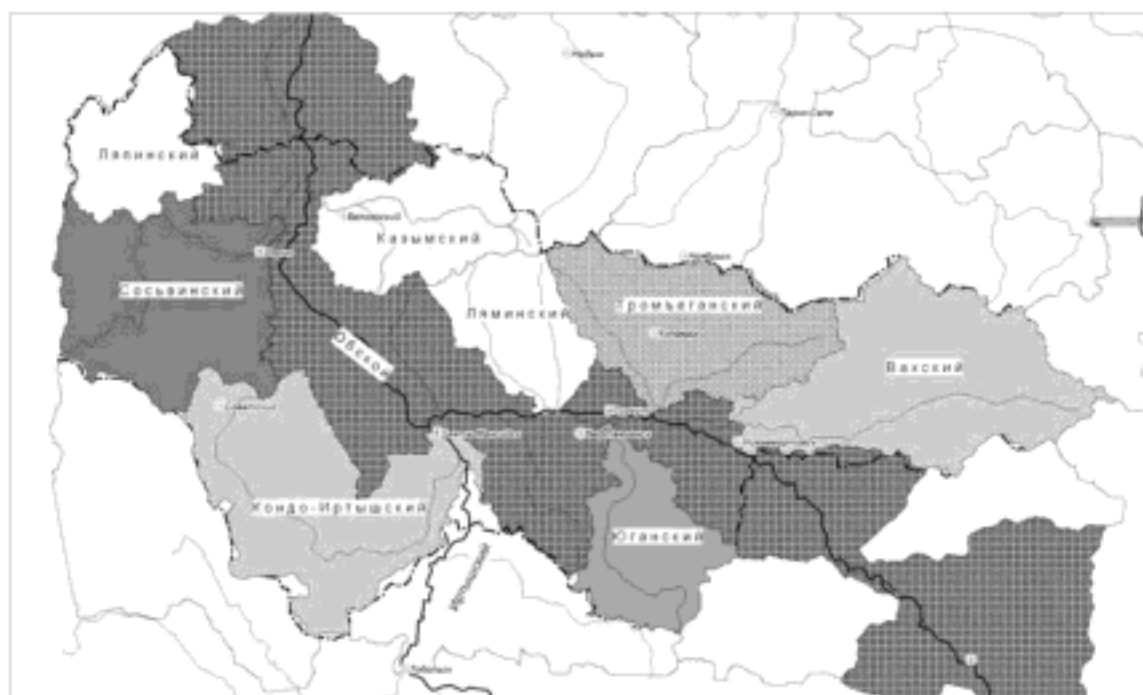


Рис. Водосборные бассейны ХМАО

Вахский бассейн (бассейн р. Вах). Общая площадь бассейна составляет 14,28 % территории округа. Поверхность слабоволнистая, с незначительным уклоном к долине р. Вах. Абсолютные высоты изменяются от 80 до 156 м. Величина эрозионного вреза рек мала (1–3 м), за исключением нижнего течения р. Вах, где возрастает до 8–10 м. Хорошо развит озерный комплекс. Для

рек характерно преобладание весеннего стока, составляющего 50 % от годового. Вах характеризуется относительно высоким модулем стока, 8,74 л/сек на 1 км² [Ресурсы поверхностных вод..., 1972]. Преобладающие озерно-аллювиальные отложения представлены чередованием песков, супесей и суглинков различного состава. В северной части бассейна развиты средне-четвертичные водно-ледниковые и озерно-аллювиальные песчаные отложения, во многих районах перекрытые торфом. Значительное распространение песчаных пород, отличающихся бедным минералогическим составом, является причиной малого содержания микроэлементов в почвах и соответственно в природных водах. Вместе с тем пески слабо задерживают загрязнители, поступающие от техногенных источников, поэтому возможно их быстрое и интенсивное распространение и попадание в водотоки.

Иртышский водосборный бассейн включает в себя пойму р. Иртыша и занимает незначительную часть территории ХМАО (менее 1 %). Абсолютные высоты территории изменяются от 50 до 90 м. Основная часть бассейна выходит за пределы административной границы округа, и соответственно состав речных вод формируется под влиянием внешних факторов.

Ляпинский бассейн (бассейн р. Ляпин). Общая площадь водосборного бассейна составляет 5,15 % территории округа. Рельеф основной части территории — слаборасчлененная преимущественно заболоченная равнина. Средние абсолютные высоты изменяются от 120 до 800 м. Северо-западная часть бассейна расположена в пределах низкогорного и горно-грядового рельефа. Здесь глубокое расчленение рельефа обеспечивает небольшую заболоченность и значительное влияние литогенных факторов формирования состава вод. Ниже по течению возрастает роль биогенных факторов. На территории бассейна отмечается семь порядков бассейнов потоков.

Ляминский водосборный бассейн включает две крупные реки — Пим и Лямин. Общая площадь бассейна составляет 5,51 % территории округа. Северная часть бассейна расположена в пределах Увала Нумто, средняя часть — в пределах Среднеобской низменности. Наблюдаются незначительные колебания высот и понижение в сторону Оби. Средняя высота поверхности 70–80 м. Речная сеть представлена множеством небольших рек, врезана неглубоко (не более 15 м). Выделяются бассейны потоков с первого по пятый порядок. Река Пим (протяженность 390 км, площадь бассейна 12,7 тыс. км²) — один из крупнейших правых притоков Оби. Практически на всем течении Пим и его притоки пересекают лицензионные участки нефтедобычи, максимальная интенсивность техногенного воздействия отмечается для Лянторского месторождения (по данным на начало 2005 г. здесь насчитывалось более 3600 скважин, протяженность трубопроводов превышала 3800 км). Заболоченность водосборного бассейна р. Пим исключительно высока. Воды Пима отличаются низкой минерализацией, имеют малое содержание хлоридов и сульфатов, для них характерна высокая цветность, интенсивное окрашивание, вызванное большим количеством гуминовых веществ и железа [Бабушкин и др., 2007].

Казымский бассейн (бассейн р. Казым). Общая площадь бассейна составляет 6,43 % территории округа. Расположен в пределах Полуйской возвышенности (северная часть бассейна), возвышенности Белогорский материк (западная часть) и Сибирских Увалов (средняя и восточная часть). Абсолютные высотные отметки изменяются от 29 до 176 м. Отмечаются бассейны потоков со второго по шестой порядок. Преобладают песчаные почвообразующие породы, чередующиеся с торфяными. Песчаные породы, преимущественно водно-ледникового происхождения, распространены на приречных уча-

ствах. Характерной особенностью бассейна является обилие озер и болот, расположенных на плоских заболоченных водоразделах в истоках рек.

Кондо-Иртышский бассейн (бассейн р. Конда и р. Иртыш). Занимает 14,4 % территории округа. Основу составляет Кондинская низменность с абсолютными отметками поверхности около 70 м. Плоский рельеф низины местами нарушается невысокими гривами водно-эрозионного происхождения. Гривы ориентированы в широтном и субширотном направлениях. В генетическом отношении территория бассейна представляет собой обширную озерно-аллювиальную равнину [Физико-географическое районирование..., 1973]. Помимо озерно-аллювиальных, в составе четвертичных отложений принимают участие водно-ледниковые и биогенные озерно-болотные отложения голоцена. По составу преобладают суглинки средние и легкие, торф [Атлас Тюменской области, 1971]. Песчаные породы распространены только на узких приречных участках. Очень велика заболоченность территории: в Кондинской ландшафтной провинции доля болотных ландшафтов составляет около 70 % [Макунина, Селезнева, 1980]. Для р. Конды по сравнению с другими реками округа характерен относительно небольшой объем стока в весеннее половодье, не превышающий 50 % от общего, и довольно высокий объем стока в летне-осеннюю межень [Атлас Тюменской области, 1971].

Тромъеганский бассейн (бассейн р. Тромъеган). Площадь составляет 10,04 % территории округа. Расположен в пределах Среднеобской низменности (центральная часть бассейна), Увала Нумто (северная часть) и Аганского увала (восточная часть, бассейн р. Аган). Средняя абсолютная высота территории достигает 103 м. Речная сеть врезана неглубоко (не более 15 м). Это плоская сильнозаболоченная территория, со слабым уклоном поверхности, неглубоким врезом речных русел, низкой скоростью течения. Река Тромъеган (площадь бассейна 55,6 тыс. км²) является одним из крупнейших притоков Оби. Для бассейна Тромъегана характерна очень высокая заболоченность (64 % площади водосбора), что в значительной степени определяет гидрохимические показатели его вод. Воды Тромъегана и его притоков отличаются малым количеством взвешенных веществ и низкой прозрачностью [Бабушкин и др., 2007]. В бассейне реки расположен ряд крупных нефтяных месторождений. По данным на начало 2006 г., на территории Тянского, Рускинского, Тевлино-Рускинского, Савуйского, Родникового месторождений насчитывалось более 4 тыс. скважин, протяженность трубопроводов составляла более 3,3 тыс. км, объем добытой нефти превышал 20 млн т.

Сосьвинский бассейн (бассейн р. Северная Сосьва). Занимает 11,73 % территории округа. Основу составляет Северо-Сосьвинская возвышенность. В рельефе выражен ряд куполовидных возвышенностей. Высоты поверхности отдельных возвышенностей достигают 300 м. Глубокое эрозионное расчленение обеспечивает хорошее дренирование поверхности. Отмечаются бассейны потоков с первого по шестой порядок. Для Сосьвинского бассейна стока характерны умеренная заболоченность, преобладание четвертичных отложений легкого механического состава. На наиболее возвышенных участках и в Предуралье верхняя часть разреза сложена среднечетвертичными водно-ледниковыми и ледниковыми отложениями, которые представлены в основном песками различной дисперсности [Геокриология СССР, 1989]. Для Северной Сосьвы характерно доминирование атмосферного питания с преобладанием стока в период весеннего половодья, в весенний период формируется более 60 % стока [Атлас Тюменской области, 1971]. Грунтовые приповерхностные воды характеризуются очень низкой минерализацией 20–100 мг/л) и загрязнены органическими примесями [Геокриология СССР, 1989].

Обской бассейн является наиболее крупным, охватывает значительные территории таежного Обь-Иртышья, Белогорского материка и прилегающие участки. Общая площадь бассейна составляет 24,60 % территории округа. Для Оби на этом участке характерны довольно высокая доля зимнего стока (23,9–27,4 %) и большая роль заболоченных водосборов в формировании состава речных вод. Абсолютные высоты поверхности изменяются от 29 до 231 м. Отмечаются бассейны потоков с первого по пятый порядок. Особенности состава воды р. Оби характеризуют гидрохимическую ситуацию не только в пределах местных водосборов, но и отдаленных территорий, расположенных в других природных зонах.

Юганский бассейн (бассейн р. Большой Юган). Общая площадь составляет 6,45 % территории округа. Абсолютные высоты изменяются от 50 до 112 м. Отмечаются бассейны потоков с первого по пятый порядок. Водосборный бассейн представляет собой озерно-аллювиальную и аллювиальную равнину, сложенную преимущественно суглинками, чередующимися с торфом. В геоморфологическом отношении большая часть территории имеет плоский, полого-волнистый либо полого-холмистый тип рельефа. Равнинный характер территории и преобладание осадков над испарением привели к значительной переувлажненности. Отличительная черта ландшафтной структуры — широкое развитие ландшафтов гидро- и полугидроморфного рядов.

На основании материалов, накопленных в системе сбора информации мониторинговых исследований на территории ХМАО, нами проведен анализ основных гидрохимических особенностей ряда водосборных бассейнов (табл. 1).

Таблица 1

Средние показатели химического состава поверхностных вод ХМАО за период 1995–2006 гг.

Водосборный бассейн	pH	БПК ₅	Fe _{общ}	Хлориды	Нефтепродукты	% площади антропогенных геосистем
Вахский	6,25 (1995)	2,6 (1788)	3,0 (1799)	24,4 (3792)	0,07 (3757)	8,4
Ляминский	6,21 (324)	2,3 (410)	2,3 (1260)	13,4 (4271)	0,25(4234)	5,3
Обской	6,97(2735)	2,7 (3467)	3,6 (2845)	136,7 (13636)	0,19 (13118)	40,2
Тромъеганский	6,48 (3079)	2,5 (3468)	2,6 (2.59)	34,9 (11165)	0,18 (12718)	20,9
Юганский	6,88 (168)	2,6 (128)	2,5 (150)	25,1 (490)	0,08 (453)	2,6

Примечание. В скобках — число проанализированных проб.

Полученные результаты свидетельствуют, что наибольшая кислотность характерна для воды рек Ляминского и Вахского водосборных бассейнов. Причиной является значительная заболоченность их территории и преобладание биогеохимических факторов формирования состава поверхностных вод междуречий в пределах этих водосборных бассейнов. В водах Обского бассейна величина показателя pH находится вблизи отметки нейтральной реакции, что объясняется влиянием стока с отдаленных территорий степной и лесостепной зон.

Величина биологического поглощения кислорода (БПК), характеризующая присутствие легкоокисляющегося органического вещества, изменяется весьма незначительно — от 2,3 мг/дм³ (Ляминский бассейн) до 2,7 мг/дм³ (Обской).

Содержание железа повышено во всех водосборных бассейнах. Средние значения превышают ПДК рыбохозяйственных водоемов от 23 раз (Ляминский бассейн) до 36 (Обской) и до 3,6 мг/дм³ (Обской). Подобные концентрации значительно превышают среднемировой уровень, составляющий 0,04 мг/дм³ [Martin and Meybeck, 1979], однако для рек таежной зоны концентрации железа до

10 мг/дм³ являются нормой и связаны с природными ландшафтно-геохимическими условиями (высокой подвижностью железа в условиях кислой среды и контрастных окислительно-восстановительных условиях таежных почв). Например, в бассейне р. Юкон средние концентрации общего железа составляют в период открытой воды 9,8 мг/л [Brabets et al., 2000]. Различия в концентрации железа в различных стоковых бассейнах ХМАО обусловлены также литологическими факторами, т. е. разным исходным содержанием железа в почвообразующих породах.

Наибольшая вариабельность характерна для содержания хлоридов, средняя концентрация которых изменяется от 13,4 до 136,7 мг/дм³ (табл. 1). Максимальная концентрация хлоридов отмечена для Обского бассейна, ввиду интенсивного солевого загрязнения на участках буровых работ. Обской бассейн подвержен наиболее интенсивной техногенной нагрузке, антропогенно-трансформированные геосистемы занимают около 40 % площади (табл. 1).

Ионы Cl⁻ являются индикаторами поступления минерализованных пластовых вод при бурении скважин, что определяет особую актуальность мониторинга этого компонента химического состава поверхностных вод. Из всех анионов хлориды обладают наибольшей миграционной способностью, что объясняется их хорошей растворимостью, слабо выраженной способностью к сорбции взвешенными веществами. Таким образом, ионы Cl⁻ служат индикаторами техногенной нагрузки, обусловленной геологоразведочными работами и добычей нефти, и это подтверждается полученными нами результатами.

Проведенный корреляционный анализ показал, что из всех гидрохимических показателей содержание хлоридов наиболее сильно зависит от интенсивности техногенной нагрузки, выраженной через площадь техногенных геосистем (табл. 2). Зависимость между концентрацией хлоридов в водах различных водосборных бассейнов и техногенной нагрузкой оказалась близка к линейной ($r = 0,94$).

Таблица 2

Значения коэффициентов корреляции r

Показатель	% площади антропогенных геосистем
pH	0,36
БПК	0,42
Fe _(общ)	0,54
O ₂	0,06
Cl ⁻	0,94
Нефтепродукты	0,42

Вариабельность концентрации ионов Cl⁻ в различных водосборных бассейнах обусловлена прежде всего разнообразием источников воздействия в пределах участков нефтедобычи, а также неоднородностью гидрогеологических условий, контролирующих скорость и направление миграции загрязняющих веществ.

Следует отметить, что в Обском бассейне концентрация хлоридов в разных водных объектах крайне неравномерна. Максимальный уровень солевого загрязнения характерен для р. Ватинский Еган и ее притоков в пределах Самолорского месторождения, где уровень солевого загрязнения превышает средний для региона уровень на один-два математических порядка [Бабушкин и др., 2007]. Также велики концентрации хлоридов в малых притоках Оби на территории Сургутского района. В воде главного русла р. Оби, объем стока

которой превышает таковой всех притоков на территории округа, содержание хлоридов мало и в разные годы изменяется в среднем за год от 2,7 до 7,6 мг/дм³ [Михайлова и др., 1988; Шварцев и др., 1996; Уварова, 2000].

Не столь ярко выражена корреляционная зависимость нефтяного загрязнения речных вод от площади техногенных геосистем ($r = 0,42$). Причины этого многообразны. Нефть характеризуется более слабой миграционной активностью по сравнению с хлоридами, значительная ее доля при авариях локализуется в местах разливов; концентрация нефти при разливах снижается в результате процессов биологической и фотохимической деградации; перенос нефти речными водами на сопредельные участки искажает картину взаимосвязи между источниками нефтяного загрязнения и гидрохимическими показателями.

Тем не менее необходимо отметить, что для участков с низкой интенсивностью техногенной нагрузки (Вахский, Юганский) характерна низкая средняя концентрация нефтепродуктов (0,07–0,08 мг/дм³), незначительно превышающая ПДК рыбохозяйственных водоемов. Исключение составляет Ляминский водосборный бассейн, в пределах которого площадь, занятая техногенными объектами, относительно невелика, средняя концентрация нефтепродуктов в 5 раз превышает ПДК рыбохозяйственных водоемов. Высокий уровень нефтяных углеводородов здесь обусловлен как природными, так и техногенными факторами.

Уже в верховьях Пима уровень концентрации нефтяных углеводородов повышен. При входе на Тромъеганское месторождение среднее содержание нефтепродуктов составляет 0,14–0,15 мг/дм³ и почти в 3 раза превышает ПДК. Отсутствие источников нефтяного загрязнения выше по течению заставляет считать, что углеводороды имеют здесь природное происхождение. Максимальные средние концентрации отмечены для Лянторского месторождения, характеризующегося высоким уровнем техногенного воздействия.

Таким образом, можно констатировать, что изучение гидрохимических особенностей водосборных бассейнов дает объективную картину экологической обстановки в регионе. Анализ приоритетных загрязнителей (хлоридов и нефтепродуктов) отражает степень техногенной трансформации геосистем и характеризует гидроэкологическую ситуацию.

ЛИТЕРАТУРА

Атлас «Особо охраняемые природные территории и леса Ханты-Мансийского автономного округа — Югры» / ГП ХМАО «Науч.-аналит. центр рационального недропользования им. В. И. Шпилемана». Ханты-Мансийск, 2006. Т. 2. 120 с.

Атлас Тюменской области. М.; Тюмень: ГУГК, 1971. Вып. 1. 216 с.

Бабушкин. А. Г., Московченко Д. В., Пикунов С. В. Гидрохимический мониторинг поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. Новосибирск: Наука, 2007. 152 с.

Геокриология СССР. Западная Сибирь. М.: Недра, 1989. 455 с.

Коронкевич Н. И., Зайцева, И. С., Китаев Л. М. Негативные гидроэкологические ситуации // Изв. РАН. Сер. Геогр. 1992. № 3. С. 23–32.

Ландшафтные воды в условиях техногенеза / О. В. Кадацкая и др. Минск: Бел. Наука, 2005. 347 с.

Макунина А. А., Селезнева Н. С. Дифференциация природно-территориальных комплексов // Региональный географический прогноз. Западная Сибирь. М., 1980. Вып. 2. С. 59–80.

Михайлова Л. В., Уварова В. И., Бархович О. А. Особенности ионного состава и минерализации воды р. Обь и некоторых ее притоков // Водные ресурсы. 1988. № 3. С. 25–35.

Ресурсы поверхностных вод суши: Средняя Обь. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 406 с.

Снытко В. А. Геохимические аспекты исследования топогеосистем // Топологические аспекты учения о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1974. С. 138–174.

Уварова В. И. Современное состояние качества воды р. Оби в пределах Тюменской области // Вестн. экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2000. Вып. 1. С. 18–26.

Физико-географическое районирование Тюменской области / Под ред. Н. А. Гвоздецкого. М.: Изд-во МГУ, 1973. 246 с.

Шварцев С. Л., Савичев О. Г., Вертман Г. Г. и др. Эколого-геохимическое состояние речных вод Средней Оби // Водные ресурсы. 1996. Т. 23, № 6. С. 723–731.

Brabets T., Wang B., Meade R. Environmental and Hydrologic Overview of the Yukon River Basin, Alaska and Canada. Water-Resources Investigations Report 99-4204. Anchorage, Alaska, 2000. Retrieved June, 25, 2006. Режим доступа: <http://ak.water.usgs.gov/>.

Martin J. M. and Meybeck M. Elemental mass-balance of material carried by major world rivers // Marine Chemistry. 1979. № 7. P. 173–206.

ИПОС СО РАН, г. Тюмень
ГУП ХМАО «Научно-аналитический центр
рационального природопользования им. В. И. Шпильмана»

D. V. Moskovchenko, V. A. Purtov, I. V. Zavyalova

GEOCHEMICAL DESCRIPTION OF CATCH BASINS
IN KHANTY-MANSI NATIONAL REGION

The article grounds a necessity to use basin method when considering hydroecological situations. Determined, indices of chemical water composition from rivers of different catch basins on the territory of Khanty-Mansi National Region.