

УДК 556.072.314

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНОЙ И ПОВЕРХНОСТНОЙ ГИДРОСФЕР (на примере Набережно-Челнинской площади)

Р.Х. Сунгатуллин

Аннотация

Рассмотрено экологическое направление при исследовании общего гидросферного бассейна. Совместный анализ поверхностной и подземной гидросфер позволил выявить взаимосвязи между химическим составом вод, геологическими особенностями и техногенной средой. Количественная химическая информация о гидросфере является основой комплекса мероприятий, направленных на сохранение и защиту водных ресурсов как важнейшего элемента всей экосистемы Земли.

Ключевые слова: гидросфера, химический состав, техносфера, экология, интегральная модель.

Введение

Исследования гидросферы Земли обусловлены необходимостью выявления объектов питьевого, санаторно-лечебного и промышленного водоснабжения (поисково-разведочное направление), а также сохранения природных водных объектов в настоящих и будущих экосистемах (экологическое направление). Интенсивная нагрузка отдельных регионов техногенными объектами оказывает существенное влияние на геологическое пространство. Последнее как объект геоэкологических исследований можно условно рассматривать состоящим из эндогенной и экзогенной природных сред, разделенных земной поверхностью. С учетом подобного подхода в настоящей работе гидросфера разделена на эндогенную и экзогенную составляющие. Первая из них включает подземные воды (подземная гидросфера); экзогенная составляющая гидросферы объединяет поверхностные водотоки и водоемы (поверхностная гидросфера).

Статья посвящена рассмотрению экологического направления при исследовании гидросферы. Целью этого направления является оценка настоящего состояния поверхностной и подземной гидросфер, а также прогноз их изменений под влиянием природных и антропогенных процессов. Выполнение поставленной цели требует решения следующих основных задач: 1) установление химических особенностей поверхностной и подземной гидросфер; 2) выявление природных и техногенных факторов, воздействующих на элементы гидросферы; 3) системный анализ гидросферы и ее взаимосвязь с другими средами геологического пространства.

Объект исследований

Набережно-Челнинская площадь представляет собой характерный пример объекта с развитой урбанизированно-промышленной инфраструктурой. Элементами техносферы здесь являются города Набережные Челны, Менделеевск и промышленные объекты. К наиболее крупным из последних относятся: ОАО «КамАЗ», Менделеевский химический завод, эксплуатируемые месторождения нефти, карьеры твердых полезных ископаемых, транспортная инфраструктура (автомагистрали, железные дороги, трубопроводы), полигоны, свалки, отстойники.

Набережно-Челнинская площадь расположена в юго-восточной части Волго-Камского артезианского бассейна. Здесь в верхней части осадочного разреза выделяются 6 водоносных подразделений и 1 региональный водоупор (рис. 1, 2): 1) водоносный четвертичный аллювиальный комплекс – аQ; 2) водоупорный неогеновый горизонт – N; 3) водоносная уржумская карбонатно-терригенная свита – P_{2ur}; 4) водоносный верхнеказанский терригенный комплекс – P_{2kz2}; 5) водоносная нижнеказанская карбонатно-терригенная свита – P_{2kz1}; 6) водоносный шешминский терригенный комплекс – P_{1šš}; 7) водоносная стерлитамакско-соликамская сульфатно-карбонатная серия – P_{1st}-P_{1sl}.

Методика исследований

Для решения поставленных задач на Набережно-Челнинской площади выполнено гидрохимическое опробование поверхностных водотоков (рек, ручьев) и подземных вод (родников, скважин). Методика опробования вод основывалась на инструктивных приемах [1, 2]. Опробованию поверхностной гидросферы предшествовало бассейновое районирование, на основе которого выделено 7 бассейнов (бассейны рек Кама, Тойма, Мелекеска, Шильна, Челна, Бурдинка, Мензеля). Химический и спектральный анализы проб воды выполнялись по стандартным методикам в лабораториях ООО «Татарстангеология» (г. Казань) и ФГУП ЦНИИгеолнеруд Министерства природных ресурсов Российской Федерации (г. Казань). Обработка результатов анализов проводилась с использованием программного пакета «Statistika», включающего кроме базовых методов кластерный и факторный анализы. Результаты статистической обработки анализов являлись основой создания по оригинальной методике [3–5] гидрохимических и интегральных моделей.

Результаты исследований

Подземная гидросфера. Характеристика гидростратиграфических подразделений представлена в табл. 1 и 2. Кластерный и факторный анализы позволили предварительно выявить группы компонентов в подземных водах, условно связанные с природным и техногенным факторами. К «природной» группе относятся практически все макрокомпоненты (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ + K⁺, Cl⁻, SO₄²⁻), некоторые микрокомпоненты (Sr, B, Li, F). К «техногенной» группе можно отнести большинство микрокомпонентов, а также фенолы и анионные синтетические поверхностно-активные вещества (АСПАВ).

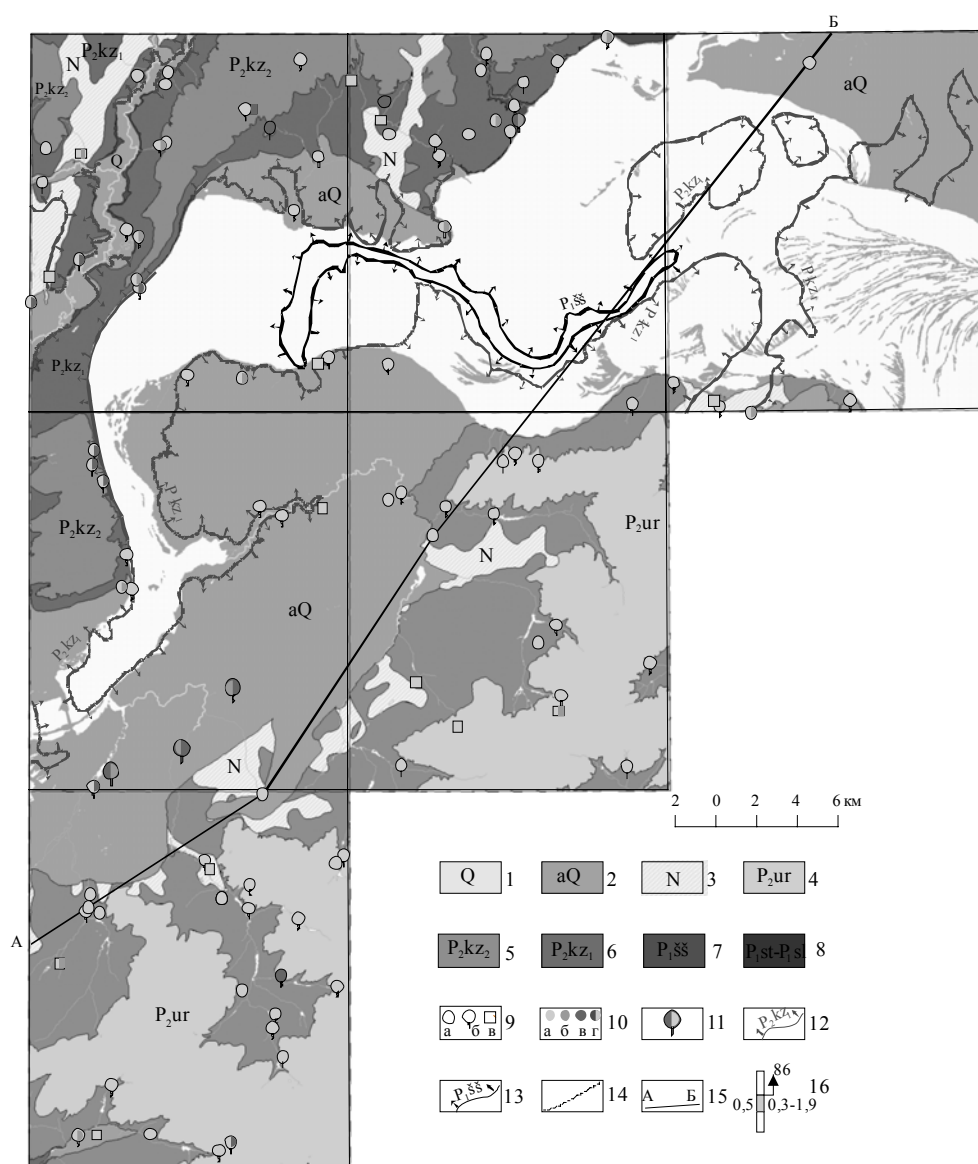


Рис. 1. Гидрогеологическая карта: 1 – покровные четвертичные отложения (на разрезе); 2–8 – гидростратиграфические подразделения (см в тексте); 9 – водопункты (а – скважины, б – родники, в – колодцы); 10 – химический состав воды (а – с преобладанием гидрокарбонат-иона, б – с преобладанием сульфат-иона, в – с преобладанием хлорид-иона, г – смешанный); 11 – месторождения минеральных вод; 12–13 – контуры перекрытых гидрогеологических подразделений; 14 – предполагаемая граница уровня подземных вод (на разрезе); 15 – линия разреза; 16 – скважины (на разрезе): закрашка соответствует химическому составу вод, стрелка – напор подземных вод с абсолютной отметкой пьезометрического уровня, цифры слева направо: минерализация (г/л), дебит (л/с), понижение (м)

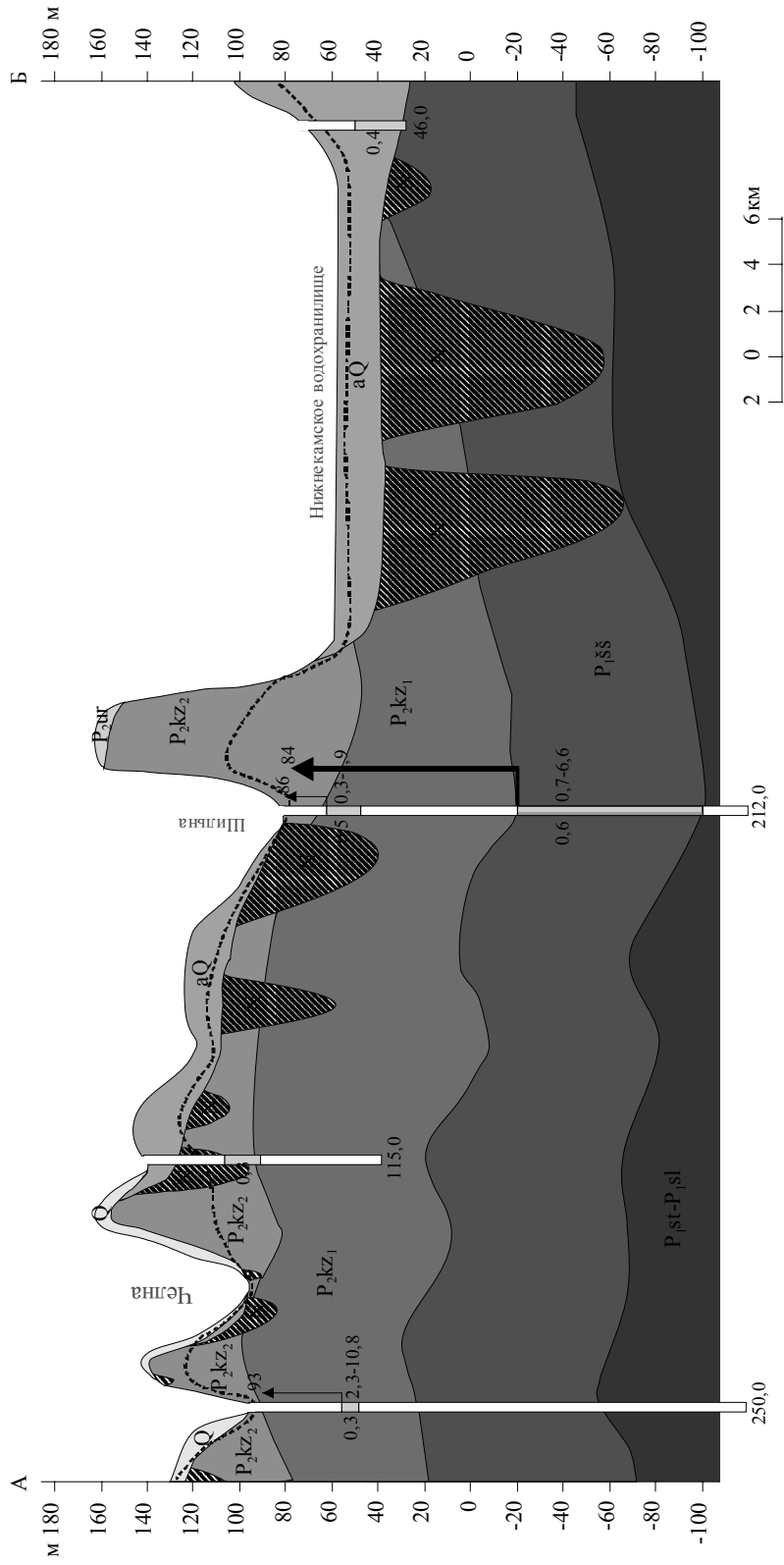


Рис. 2. Разрез по линии А-Б. Условные обозначения см. рис. 1

Табл. 1

Характеристика подземной гидросферы

Индекс подразделения	Мощность, м	Положение уровня, м		Высота напора, м	Удельный дебит скважин, л/с	Дебит родников, л/с	Коэффициент фильтрации, м/сут		Химический состав	
		Глубина	Абсолютная отметка				водопроводимость, м ² /сут	Общая минерализация, г/л	Тип воды	
aQ	до 76	0.1–25.0	50–80	безнапорный (редко до 20 м)	0.02–25.2	0.05–2.0	$\frac{0.2-228}{4.2-690}$	0.3–1.5	гидрокарбонатные кальциевые, иногда хлоридно-сульфатные кальциевые	
N	до 220	1.5–55	56–123	вверху безнапорный; возможен напор до 51 м	0.07–4.16	0.005–2.0	$\frac{0.4-97}{0.3-140}$	0.6–1.7	гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, иногда сульфатно-хлоридные	
P ₂ гг	60	2.0–15	176–198	–	0.045–0.7	0.02–2.0	$\frac{0.06-50}{3.2-75.6}$	0.41–0.88	гидрокарбонатные кальциево-натриево-калиевые	
P ₂ к ₂	85	1.5–52	102–176	напорные до 98 м	0.01–6.6	0.025–1.7	$\frac{0.41-121.5}{15-316}$	0.3–1.6	гидрокарбонатные кальциево-магниевые	
P ₂ к ₁	до 90	0.5–70	70–145	напорные до 99 м	0.1–12.5	0.03–5.25	$\frac{0.3-75.2}{8-607}$	0.3–1.3	гидрокарбонатные кальциевые	
P ₁ сс	110	2–36	54–93	напорные до 150 м	0.1–5.1	0.11–0.3	$\frac{0.2-20.6}{1.8-535}$	0.3–1.9	гидрокарбонатные кальциево-магниевые, гидрокарбонатно-сульфатные	
P ₁ ст–P ₁ sl	до 170	до 22.6	52.3	напорные до 167 м	1.25–10.0	0.1–3.0	$\frac{0.05-27.2}{7.1-2271}$	1.1–4.7	сульфатные магниевые-кальциево-натриево-	

Табл. 2

Средние содержания макрокомпонентов в подземных водах

Компонент	Гидростратиграфические подразделения				
	P ₁ šš	P ₂ kz ₁	P ₂ kz ₂	P ₂ ur	N
Жесткость, мг-экв./л	5.6	7.8	5.6	7.3	11.1
pH	7.6	7.5	7.8	7.6	7.7
Окисляемость, мг/л	1.7	2.5	2.3	3.8	4.9
Общая минерализация, мг/л	495	655	543	600	932
Na ⁺ + K ⁺ , мг/л	28.1	29.9	40.3	17.0	38.0
NH ₄ ⁻ , мг/л	< 0.025	< 0.025	< 0.025	< 0.025	< 0.025
Ca ²⁺ , мг/л	80.3	112.9	75.4	121.3	165.2
Mg ²⁺ , мг/л	19.7	26.2	21.9	15.5	35.3
Fe _{общ.} , мг/л	0.041	0.045	0.097	< 0.025	< 0.025
Cl ⁻ , мг/л	23.0	76.0	35.8	46.7	69.5
SO ₄ ²⁻ , мг/л	76.3	53.6	58.1	53.2	144.4
NO ₂ ⁻ , мг/л	< 0.0015	0.0082	0.005	< 0.0015	< 0.0015
NO ₃ ⁻ , мг/л	7.0	38.1	11.4	85.9	92.6
HCO ₃ ⁻ , мг/л	261	318	300	260	387
SiO ₂ , мг/л	11.2	11.7	12.0	14.6	12.4
Количество проб	10	43	27	5	5

Как известно, пресные подземные воды могут загрязняться снизу и сверху. Источниками загрязнения пресных вод от нижележащих водоносных комплексов являются природные и техногенные факторы. К первым на Набережно-Челнинской площади относятся перетоки вод из нижнепермских сульфатно-карбонатных толщ по проницаемым зонам. Техногенные факторы изменения химического состава пресных подземных вод включают заколонные перетоки технических вод нагнетательных скважин на разрабатываемых нефтяных месторождениях (рис. 3). При наличии тектонических разломов и карстовых явлений перетоки усугубляются локальным повышением пластовых давлений на нефтяных месторождениях. Таким образом, загрязнение подземных вод снизу происходит за счет совместного проявления природных и техногенных факторов, что необходимо учитывать при выборе перспективных участков для поисков питьевых вод. Хорошая защищенность подземных вод сверху от техногенного воздействия характерна для водоразделов, средних и верхних частей склонов при наличии здесь достаточно мощных слабопроницаемых глин и суглинков в зоне аэрации.

Поверхностная гидросфера. Анализ макрокомпонентного химического состава поверхностных вод не выявил существенного различия отдельных речных бассейнов (табл. 3). Более дифференцирован микрокомпонентный состав поверхностной гидросферы (табл. 4). В целом, распределение содержаний нормируемых параметров поверхностной гидросферы относительно предельно-допустимых концентраций (ПДК) компонентов показало превышение показателей мутности (7 ПДК), свинца (1.7 ПДК) и кадмия (1.3 ПДК). Близкие к ПДК значения отмечаются для жесткости, окисляемости, цветности, бария. Остальные компоненты в поверхностных водотоках находятся в содержаниях значительно ниже ПДК.

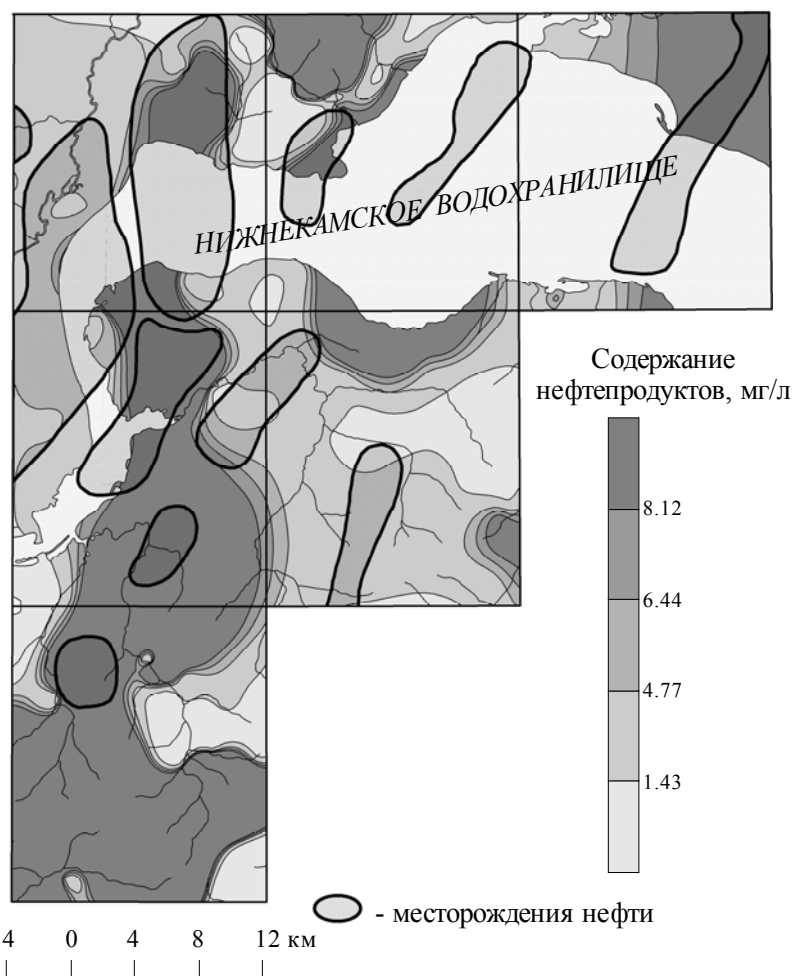


Рис. 3. Месторождения нефти и содержание нефтепродуктов в подземных водах

Сравнение микрокомпонентного состава поверхностных вод речных бассейнов выявило следующее. Содержания свинца и кадмия значительно повышены в водотоках бассейна Камы, ртуть обнаружена только в бассейнах рек Челна, Шильна и Мензеля, молибден – в реке Мензеля, а наибольшая концентрация нефтепродуктов выявлена в реках Челна, Бурдинка и их притоках. Подобное поведение элементов в поверхностной гидросфере преимущественно связано с влиянием техногенных объектов. Вывод о связи химического состава поверхностных вод и уровня техногенной нагрузки на геологическое пространство основывается на повышенных значениях минерализации и окисляемости вод. Повышенные концентрации этих компонентов характерны для поверхностных водотоков на территории городов и крупных промышленных объектов Набережно-Челнинской площади. Не исключается возможность концентрации данных компонентов, определяемая природными особенностями речных бассейнов (глубиной эродированности, литологическим составом водосборного бассейна, гидрологическими и геоморфологическими характеристиками), а также их тесной взаимосвязью с подземной гидросферой (см. ниже).

Табл. 3

Средние содержания макрокомпонентов в поверхностных водах

Компонент	Бассейны рек						
	Тойма	Кама	Мелекесска	Челна	Шильна	Бурдинка	Мензеля
Жесткость, мг-экв./л	5.75	7.06	5.02	5.02	4.89	4.63	4.94
pH	7.52	7.66	7.83	7.76	7.86	7.67	7.80
Окисляемость, мг/л	5.55	4.79	4.58	4.83	4.69	4.50	2.56
Сухой остаток, мг/л	475	520	333	312	313	227	317
Цветность, градус	15.89	17.75	29.60	26.63	16.89	14.96	1.50
Мутность	5.14	31.74	10.20	9.24	19.78	37.34	4.04
Na ⁺ + K ⁺ , мг/л	53.89	41.06	27.03	27.42	23.00	13.73	11.21
NH ₄ ⁺ , мг/л	0.06	0.12	0	0.04	0.05	0	0
Ca ²⁺ , мг/л	84.79	106.25	69.77	73.01	72.64	65.36	71.03
Mg ²⁺ , мг/л	18.41	21.41	18.70	16.74	15.47	16.60	17.01
Fe _{общ.} , мг/л	0.23	0.43	0.25	0.19	0.41	0.20	0.30
СГ, мг/л	58.81	101.52	18.75	24.22	20.90	17.87	6.54
SO ₄ ²⁻ , мг/л	69.46	32.35	33.13	35.92	42.07	14.62	9.75
NO ₃ ⁻ , мг/л	4.09	6.73	6.91	9.83	5.35	13.71	8.24
HCO ₃ ⁻ , мг/л	301	319	298	283	266	256	300
SiO ₂ , мг/л	9.33	9.71	7.08	7.48	7.68	9.08	9.95
Количество проб	28	50	10	30	65	8	7

Учитывая сложность экологической ситуации и связанную с этим потребность в обеспечении адекватной информацией об уровне загрязнения водных объектов, необходимо применение обобщающих показателей качества поверхностных вод [6]. Для этих целей на сопредельной Нижнекамской площади [3] нами использовался обобщающий показатель:

$$J = C_{\text{жест.общ}}/10 + C_{\text{pH}}/10 + C_{\text{окисл.}}/100 + C_{\text{сух.ост.}}/1000 + \\ + C_{\text{мутн.}}/100 + C_{\text{NH}_4^+}/0.5 + C_{\text{СГ}}/350 + C_{\text{SO}_4^{2-}}/500 + C_{\text{NO}_3^-}/45, \quad (1)$$

где C – содержание компонента в рядовой гидрохимической пробе.

По данным 198 анализов поверхностных вод Набережно-Челнинской площади по формуле (1) создана интегральная модель качества поверхностных вод (рис. 4, Б). Условно чистые водотоки (значения обобщающего показателя менее 2.9) приурочены к областям развития пермских отложений, где практически отсутствует антропогенное воздействие на поверхностную гидросферу. Наихудшие параметры качества вод (значение обобщающего показателя более 4.3) характерны для водотоков с максимальным антропогенным воздействием на геологическое пространство: эксплуатируемые нефтяные месторождения, территория городов Набережные Челны и Менделеевск, машиностроительный и химический комплексы, развитая транспортная сеть.

Табл. 4

Средние содержания микрокомпонентов (мг/л) в поверхностных водах

Компонент	Бассейны рек						
	Тойма	Кама	Мелекесска	Челна	Шильна	Бурдинка	Мензеля
Al	0.08	0.14	0.19	0.24	0.23	0.08	0.08
Mn	0.38	0.24	0.14	0.17	0.15	0.13	0.14
F	0.19	0.19	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14
Sr	0.81	0.67	0.44	0.41	0.33	0.51	0.92
Mo	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.006
Pb	0.001	0.24	0.001	0.001	0.001	0.0002	0.005
Cd	0.0006	0.004	0.001	0.001	0.0003	0.0001	0.0002
B	0.12	0.04	0.05	0.06	0.09	0.04	0.15
Zn	0.004	0.01	0.006	0.01	0.01	0.006	0.01
Ba	0.07	0.10	0.05	0.06	0.05	0.09	0.12
Cu	0.004	0.003	0.004	0.003	0.004	0.001	0.001
Ni	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0	0.003
Se	0.01	0.02	0.002	0.003	0.005	0.008	0.008
As	0.01	0.01	0.003	0.003	0.003	0	0.008
Co	0.003	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001
Li	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.009	0.012
Cr	0.003	0.001	0.003	0.003	0.001	0.002	0.001
Hg	0	0	0	0.0001	0.0001	0	0.0001
Фенолы	0.0008	0.0008	0.0004	0.0007	0.001	0	0.0003
Нефтепродукты	0.006	0.007	0.015	0.044	0.01	0.06	0.005
АСПАВ	0.085	0.098	0.203	0.101	0.090	0.07	0.05
Количество проб	28	50	10	30	65	8	7

Системный анализ поверхностной и подземной гидросфер. Проведенный статистический анализ химического состава подземных и поверхностных вод позволил выявить их общие и отличительные особенности. Так, подземные воды по сравнению с поверхностными водотоками (табл. 5, 6) несут значительно повышенные содержания Cl^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , NO_3^- , Sr, Ba, B, Li, Cd, Zn. В поверхностной гидросфере Набережно-Челнинской площади повышена концентрация NH_4^+ , $\text{Fe}_{\text{общ}}$, Mn, Pb, Al, Ni, Co, Cu, Mo, нефтепродуктов и фенолов, то есть типично «техногенных» элементов.

Химические особенности поверхностных и подземных вод проявляются при анализе геохимических моделей отдельных компонентов. Например, модели содержаний нитратов показали их существенное повышение (в 1.5–2 раза) в подземных источниках относительно поверхностных водотоков на отдельных участках Набережно-Челнинской площади. По нашему мнению, это обусловлено процессами окисления нитратов в поверхностных водах, в которых нитрат-ион обнаруживается около животноводческих ферм и мелких населенных пунктов.

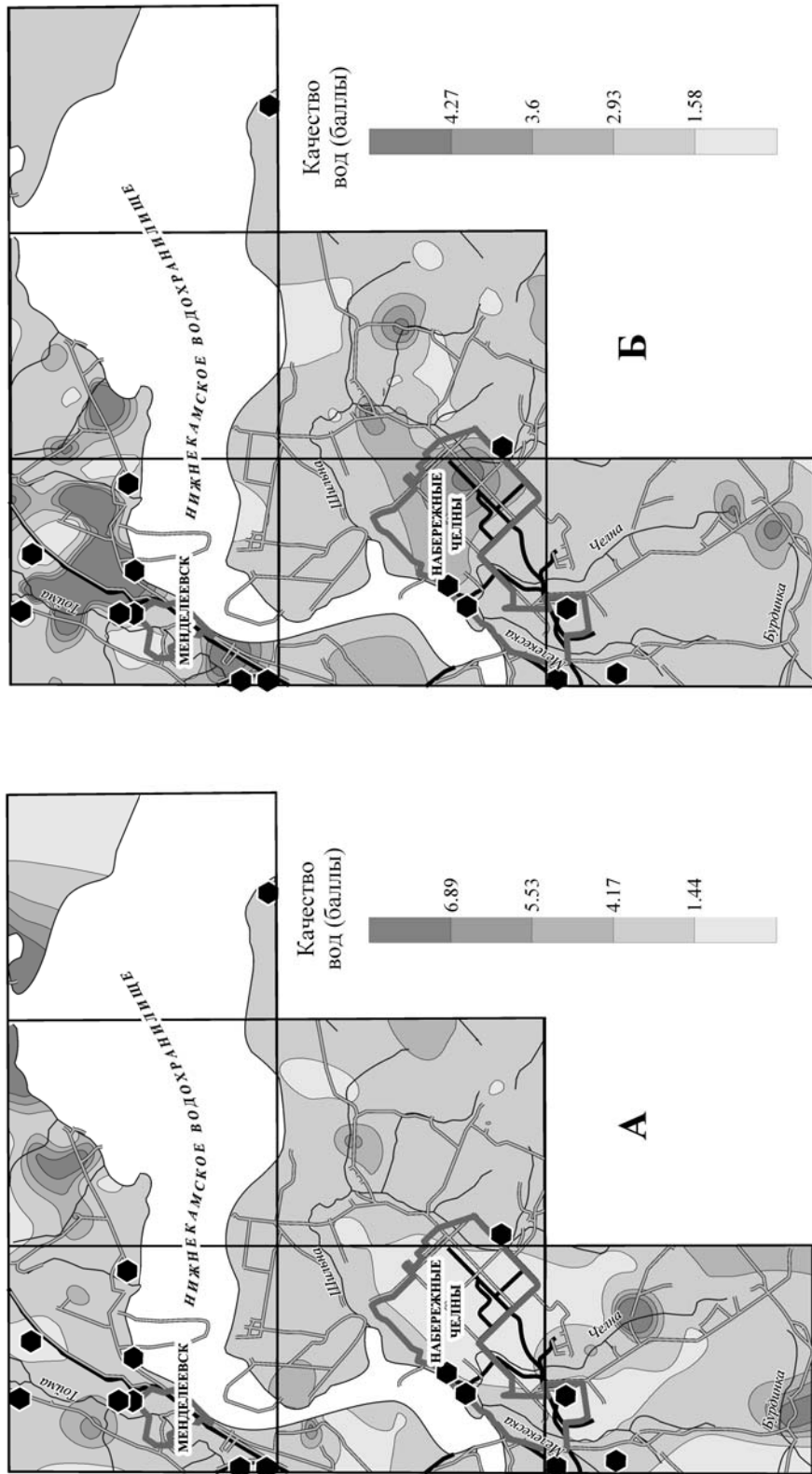


Рис. 4. Интегральные модели качества подземных (А) и поверхностных (Б) вод. Линиями показаны железные и автомобильные дороги, шестугольниками – карьеры твердых полезных ископаемых

Табл. 5

Средние содержания макрокомпонентов в подземной и поверхностной гидросферах

Компонент	Поверхностные воды	Подземные воды
Жесткость, мг-экв./л	5.5	7.0
pH	7.7	7.6
Окисляемость, мг/л	4.8	2.6
Общая минерализация, мг/л	511	616
Na ⁺ + K ⁺ , мг/л	31.6	32.5
NH ₄ ⁻ , мг/л	0.062	< 0.025
Ca ²⁺ , мг/л	81.2	101.4
Mg ²⁺ , мг/л	17.9	24.1
Fe _{общ.} , мг/л	0.32	0.06
Cl ⁻ , мг/л	43.8	56.1
SO ₄ ²⁻ , мг/л	39.1	62.5
NO ₂ ⁻ , мг/л	< 0.0015	0.006
NO ₃ ⁻ , мг/л	7.0	32.3
HCO ₃ ⁻ , мг/л	290	307
SiO ₂ , мг/л	8.4	12.0
Количество проб	198	90

Табл. 6

Средние содержания микрокомпонентов (мг/л) в подземной и поверхностной гидросферах

Компонент	Поверхностные воды	Подземные воды
Al	0.171	0.094
Mn	0.204	0.044
Ni	0.0051	0.0034
Co	0.0016	0.0009
Cr	0.002	0.002
Sr	0.53	1.17
Ba	0.069	0.141
B	0.074	0.105
Li	0.012	0.025
F	0.165	0.170
Cd	0.0013	0.003
Cu	0.003	0.002
Zn	0.009	0.019
Pb	0.054	0.0014
Mo	0.003	0.002
Hg	0.00005	0.00005
Se	0.0096	0.0143
As	0.007	0.013
Фенолы	0.0008	0.0005
Нефтепродукты	0.018	0.010
АСПАВ	0.101	0.109
Количество проб	198	90

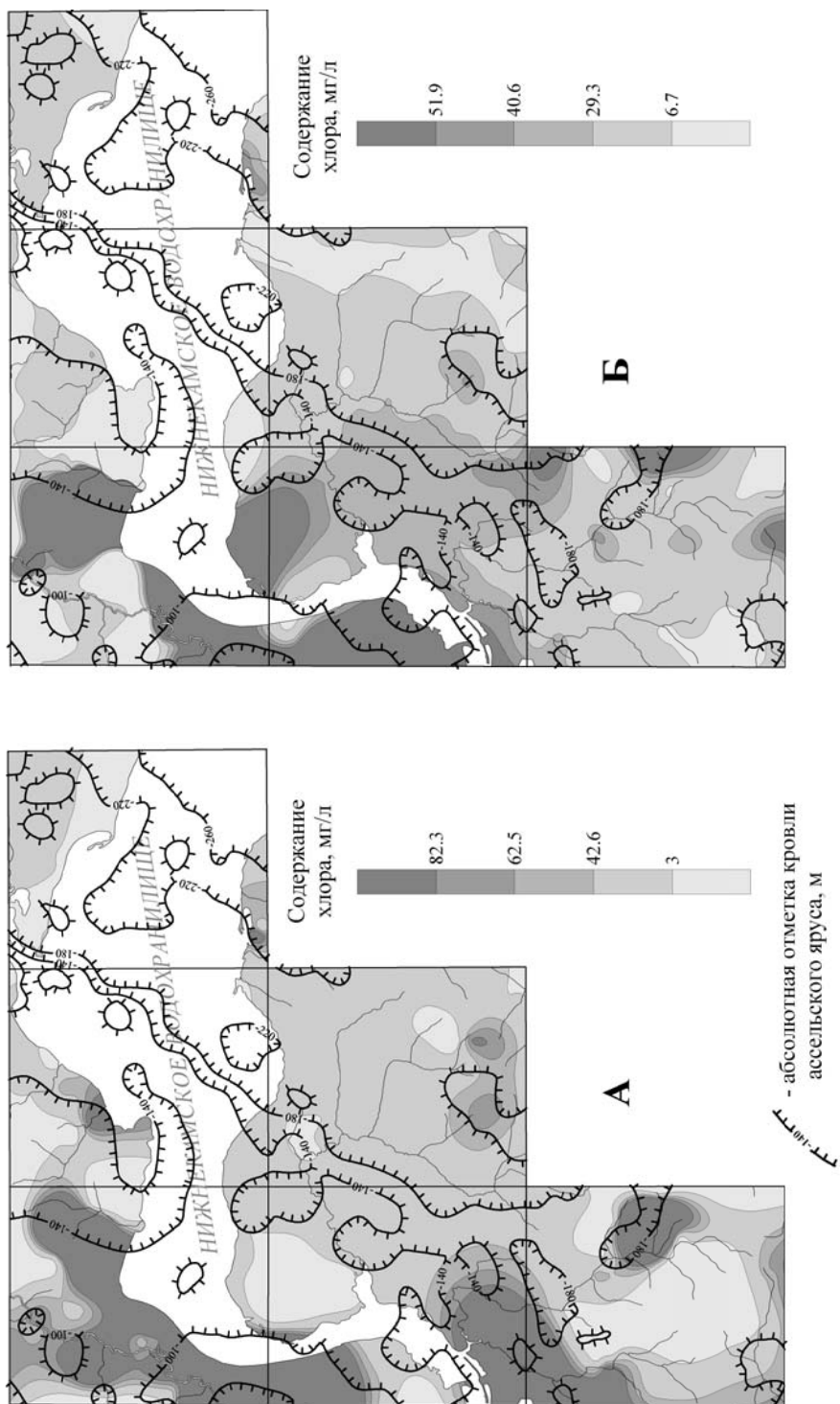


Рис. 5. Содержание хлоридов в подземных (А) и поверхностных (Б) водах

Тесные взаимосвязи между подземной и поверхностной гидросферами четко проявлены на гидрохимической модели содержания хлоридов (рис. 5). Кроме того, аномалии сульфатов и хлоридов в водах отчетливо выделяют положительные тектонические структуры. Например, последние влияют на повышение сухого остатка, сульфатов, хлоридов в водах бассейнов рек Кама и Тойма (табл. 3). Это, по-видимому, связано с природной проницаемостью геологического пространства и с перетоком в областях тектонических поднятий солоноватых подземных вод из раннепермских и нижележащих водоносных горизонтов. Необходимо отметить, что в большинстве случаев с положительными структурами на Набережно-Челинской площади связаны месторождения нефти в девонских и каменноугольных отложениях. Поэтому выявленные гидрохимические аномалии могут являться поисковыми признаками месторождений углеводородов.

Сопоставление по данным кластерного анализа в поверхностных и подземных водах «природной» и «техногенной» групп компонентов показало следующее. В поверхностных водах «техногенная» группа расширена за счет нефтепродуктов, сульфатов, стронция, бора, лития. По факторному анализу в настоящее время вес «природной» составляющей фиксируется на уровне 18% от объема всей гидрохимической информации. Остальные менее значимые факторы (4.5–6.9% каждый от общего объема информации) интерпретируются как «техногенные» составляющие. Сравнение интегральных геохимических моделей «природного» фактора показало соответствие состава поверхностной гидросферы составу подземной гидросферы [7], что еще раз подтверждает их тесную гидрохимическую взаимосвязь.

При рассмотрении качества вод Набережно-Челнинской площади на основе интегральных моделей обобщающего показателя было установлено, что оно существенно различно для подземной и поверхностной гидросфер (рис. 4). Этот факт подтверждает, что с превращением человека в современную мощную геологическую силу его влияние на поверхностную гидросферу радикально изменяет облик природной гидросферы. Состав же подземной гидросферы сегодня в большей степени определяется особенностями геологического строения территории исследования. Если степень антропогенного воздействия на окружающую среду не изменится, то можно предполагать, что со временем доля техногенного фактора в химическом составе подземных вод будет только возрастать. Это приведет к истощению водных ресурсов, а для некоторых площадей и полной трансформации природной гидросферы в техногенную гидросферу.

Заключение

Обобщая приведенные выше результаты эколого-гидрогеохимических исследований, можно констатировать, что современные работы экологического направления должны обязательно включать совместный анализ поверхностной и подземной гидросфер, рассматривая последние как элементы единой экогеосистемы. Подтверждением подобного вывода являются установленные тесные взаимосвязи между гидросферой и геологическими особенностями исследованной Набережно-Челнинской площади, а также между природными и антропогенными процессами. По нашему мнению, количественная химическая информация о подземной и поверхностной гидросферах должна являться основой

гидроэкологического мониторинга. Последний, в свою очередь, позволит в будущем разработать комплекс природоохранных мероприятий, направленных на защиту водных ресурсов как важнейшего элемента общей экосистемы Земли.

Summary

R.Kh. Sungatullin. Chemical Structure of Underground and Surface Hydrospheres (on the example of Naberezhnye Chelny territory).

The article views ecological direction of researching the whole hydrosphere basin. Joint analysis of surface and underground hydrospheres allowed revealing interconnections between water chemical composition, geological specifics, and industrial environment. Quantitative chemical data on hydrosphere serves as a basis for a complex of measures aiming at preservation and protection of water resources as the most important element of Earth ecosystem.

Key words: hydrosphere, chemical composition, industrial environment, ecology, integral model.

Литература

1. Рекомендации по проведению гидрохимического опробования и физико-химических исследований для оценки загрязнения подземных вод. – М.: Стройиздат, 1986. – 32 с.
2. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:50 000 и 1:25 000. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1990. – 127 с.
3. *Сунгатуллин Р.Х.* Комплексный анализ геологической среды (на примере Нижнекамской площади). – Казань: Мастер-Лайн, 2001. – 140 с.
4. *Сунгатуллин Р.Х.* Моделирование состояния геологической среды при интенсивном антропогенезе // *Геоэкология.* – 2005. – № 5. – С. 390–394.
5. *Сунгатуллин Р.Х.* Интегральная геология. – Казань: Изд-во ООО «Образцовая типография», 2006. – 142 с.
6. *Евдокимов С.А.* Обобщающие показатели качества поверхностных вод // *Водн. ресурсы.* – 1990. – № 2. – С. 109–114.
7. *Сунгатуллин Р.Х., Хазиев М.И.* Системный подход при изучении гидросферы на промышленно-урбанизированных территориях // *Геоэкология.* – 2009. – № 1. – С. 19–31.

Поступила в редакцию
25.09.08

Сунгатуллин Рафаэль Харисович – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры региональной геологии и полезных ископаемых Казанского государственного университета.

E-mail: Rafael.Sungatullin@ksu.ru