

УДК 556.34

## ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ (на примере Казанской ТЭЦ-1)

*Р.Х. Сунгатуллин, М.И. Хазиев*

### Аннотация

Впервые на территории Казани проведены режимные исследования грунтовых вод на отдельном объекте энергетического комплекса. Изучены динамические, температурные и химические параметры вод. Мониторинг локального уровня выявил связи между географическими и геологическими средами. Дана оценка агрессивности грунтовых вод по отношению к зданиям и сооружениям. Рекомендовано расширение наблюдательной сети депонирующих сред.

**Ключевые слова:** режим, ТЭЦ, грунтовые воды, агрессивность, уровень, температура, мониторинг.

### Введение

В России основную долю (свыше 70%) в топливно-энергетическом комплексе составляют тепловые электростанции, работающие на различном природном сырье: газе, угле, мазуте, горючем сланце, торфе [1]. Для тепловых электростанций характерна высокая насыщенность подземного пространства на их территории водонесущими коммуникациями, неисправность которых приводит к значительным потерям воды и, как следствие, к повышению уровня подземных вод и подтоплению подземных частей зданий и сооружений [2]. Причиной изменения гидрогеологической обстановки являются также дополнительная инфильтрация в верхнюю часть гидросферы атмосферных осадков и утечек вод из-за нарушения условий поверхностного стока в связи с промышленным и жилищным строительством. Все это предопределяет необходимость контроля режима подземных вод в период эксплуатации тепловых электростанций, причем значительный прикладной интерес представляют эколого-гидрогеологические исследования подобных промышленных объектов на урбанизированных территориях [3, 4].

Одним из самых крупных объектов энергетического комплекса г. Казань является ТЭЦ-1, расположенная на южной окраине г. Казань на водоразделе Куйбышевского водохранилища и озера Средний Кабан (рис. 1). Казанская ТЭЦ-1 введена в строй в 1933 г. и является источником электро- и теплоснабжения промышленных и жилищно-коммунальных потребителей. В 2007 г. начаты мониторинговые наблюдения за подземными водами на территории Казанской ТЭЦ-1 с целью оценки взаимовлияния зданий, сооружений и подземных вод согласно требованиям [5]. Для выполнения поставленной цели был осуществлен

ряд мероприятий: охарактеризованы гидрогеологические условия территории теплоэлектростанции; проведены наблюдения за динамикой уровня, температуры и химического состава подземных вод; выявлены зоны подтопления территории ТЭЦ; дана оценка агрессивности подземных вод к бетонным и металлическим конструкциям зданий и сооружений, а также степени их загрязнения под влиянием эксплуатации электростанции.

### **Объекты исследования и методика работ**

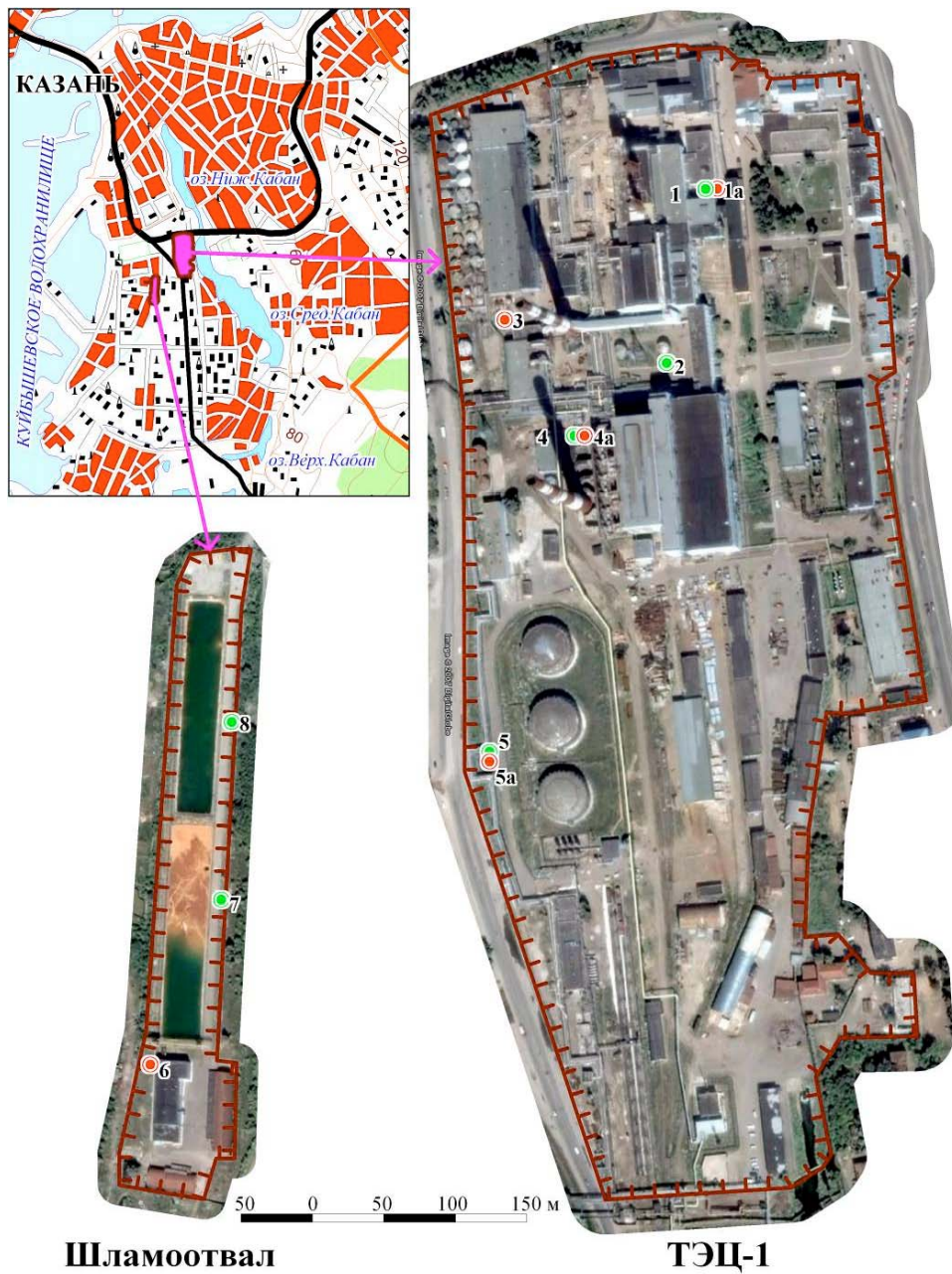
На рассматриваемой территории в верхней части осадочного разреза выделяются периодически обводненный современный техногенный горизонт (первый от поверхности горизонт), водоносный верхнечетвертичный аллювиальный комплекс, водоносный плиоценовый комплекс и водоносная нижнеказанская терригенно-карбонатная свита (рис. 2). Грунтовые воды на территории Казанской ТЭЦ-1, как и на большей части Казани [6–8], приурочены к техногенному горизонту и верхнечетвертичному комплексу. Питание грунтовых вод осуществляется в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков и утечек промышленных вод из коммуникаций. Кроме того, подземные воды получают питание при эпизодической подпорной фильтрации в период искусственного подъема уровней в Куйбышевском водохранилище и озере Средний Кабан [6–8].

На территории Казанской ТЭЦ-1 находятся 11 скважин (см. рис. 1), из которых 3 (скважины 1, 4, 5) оборудованы на верхнечетвертичный комплекс, а 4 скважины (1а, 2а, 3а, 4а, 5а) вскрывают техногенный горизонт. На шламоотвале ТЭЦ-1 расположены 3 скважины, в 2 из которых (7, 8) вскрывается верхнечетвертичный комплекс, а в скважине 6 – техногенный горизонт. Мониторинг на территории Казанской ТЭЦ-1 выполнялся с января по декабрь 2007 г. и включал следующие последовательные виды исследований.

- Сбор, систематизация и анализ опубликованных и фондовых материалов для характеристики геологического строения, гидрогеологических условий и климата участка работ. Данные по температурам окружающего воздуха и количеству атмосферных осадков получены по данным сайта <http://www.pogodaiklimat.ru>. Привязка наблюдательных скважин осуществлена с помощью космических снимков местности с сайта [www.google.com](http://www.google.com).

- Оригинальные данные по температуре и уровню подземных вод получены при режимных исследованиях в скважинах. Замеры уровней и температуры проводились в межень период 1 раз в месяц, а в весеннее половодье и во время затяжных дождей – 1 раз в декаду. Для измерения уровней использовалась хлопущка. Температура подземных вод в скважинах измерялась с помощью цифрового термометра ИТ 5-ТС. Измерения температуры выполнялись одновременно с измерением уровня подземных вод в скважинах, а также замером температуры воды в озере Средний Кабан и температуры воздуха.

- Контроль за гидрохимическим составом производился для определения влияния вод на подземные части зданий и сооружений, а также влияния самой тепловой электростанции на состояние верхней части подземной гидросферы. Отбор проб воды из скважин проводился два раза (весенний паводок и зимняя межень) с предварительной кратковременной прокачкой скважин.



**Условные обозначения**

- Наблюдательные скважины
- - на первый водоносный горизонт
- - на второй водоносный горизонт
- Территория Казанской ТЭЦ-1

Рис. 1. Обзорная карта [www.google.com]

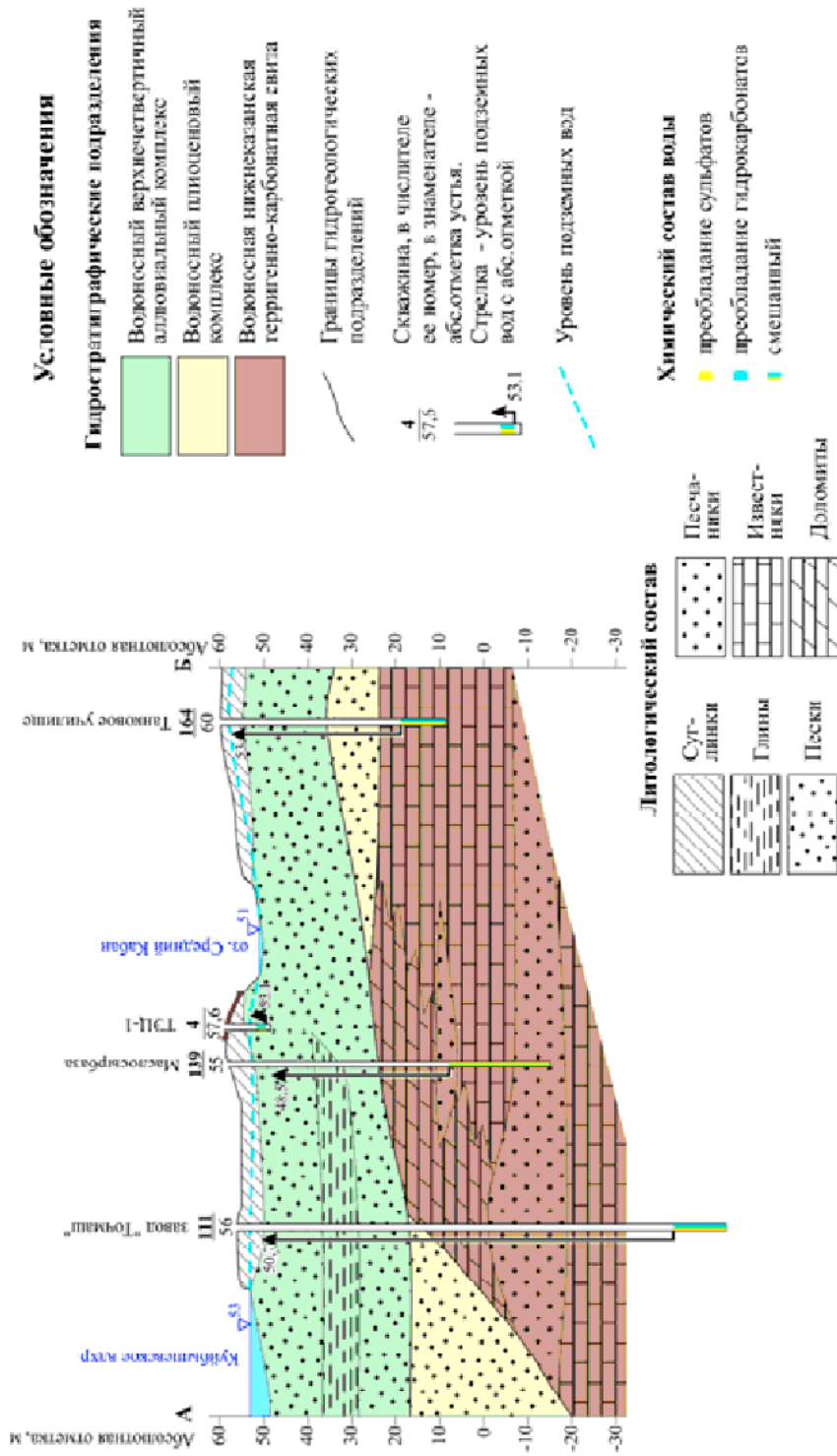


Рис. 2. Гидрогеологический разрез

- Проведение химических анализов вод на 28 компонентов в лаборатории ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» (г. Казань).
- Построение компьютерных карт (гидроизогипс, гидроизотерм, гидрохимических) и их анализ.
- Рекомендации по влиянию грунтовых вод на техногенные объекты.

### Результаты и их обсуждение

Анализ поведения динамических уровней подземных вод на исследованном объекте показал их отчетливые сезонные колебания (рис. 3). Так, минимальные уровни подземных вод в 2007 г. наблюдались в период зимней межени в марте, подъем уровня происходил с началом снеготаяния и весеннего паводка в конце апреля – середине мая. Максимальные значения уровня подземных вод отмечены в июле 2007 г., когда выпало аномально высокое количество (149.4 мм) атмосферных осадков. Осенне-зимний период характеризуется в основном постепенным плавным снижением уровня подземных вод. Отметим, что режим подземных вод на территории Казанской ТЭЦ-1 зависит в большей степени от количества выпавших атмосферных осадков, чем от изменения уровня Куйбышевского водохранилища (рис. 3). Основной причиной данного факта является, по-видимому, относительная удаленность (1–1.5 км) объекта исследований от водохранилища. Достаточно отчетлива зависимость уровня подземных вод от колебания воды в озере Средний Кабан (рис. 3). В целом установлено, что динамические параметры верхнечетвертичного комплекса меньше зависят от климатических, гидрологических, техногенных и других факторов, чем аналогичные параметры для техногенного горизонта. Так, абсолютные отметки уровней в последнем изменялись от 51.82 до 55.11 м, а глубины уровней от земной поверхности составили 1.14–2.16 м. В верхнечетвертичном комплексе уровни грунтовых вод располагались на абсолютных отметках 52.21–53.51 м, а глубины уровней – всего 0.67–0.77 м. Возможными причинами подобного поведения грунтовых вод являются большие ёмкостные свойства водовмещающих песков в техногенном горизонте по сравнению с более глинистыми породами верхнечетвертичного комплекса, а также более глубокое расположение последнего.

Карты гидроизогипс позволили установить, что в период максимального подъема уровней подземных вод в июле и ноябре – декабре (рис. 4) первый от поверхности водоносный горизонт обладает наивысшими значениями уровня в районе склада мазута (скважина 5а), а максимальные показатели уровня вод верхнечетвертичного аллювиального комплекса отмечаются в скважине 4 в районе главных корпусов 1 и 2. При сравнении карт гидроизогипс 2007 г. с аналогичными картами 2005 и 2006 гг. установлены их существенные отличия. Так, с января до середины марта 2007 г. уровни подземных вод во всех скважинах понизились на 0.1–0.36 м, что связано с климатическими особенностями зимнего периода 2007 г. Аномально высокие температуры первых двух декад января 2007 г., когда среднесуточная температура приблизилась к нулю и превышала среднесуточную норму на 12.3 °С, препятствовали образованию сплошного сезонно-мерзлого слоя, и подземные воды получали в данный период времени питание за счет инфильтрации атмосферных осадков. В весенний паводок 2007 г. (с конца марта до середины мая) уровень подземных вод повысился

на 0.18–0.47 м относительно минимальных значений зимнего периода. Летний период 2007 г. характеризуется максимальным уровнем подземных вод. Из-за большого количества осадков уровни подземных вод в скважинах, оборудованных на верхнечетвертичный аллювиальный комплекс, повысились на 19–39 см, а в первом от поверхности водоносном горизонте – на 14–51 см. С сентября до конца 2007 г. наблюдался спад уровней в среднем на 10–15 см в месяц по мере достижения минимальных отметок к концу декабря 2007 г.

Формирование режима подземных вод на исследуемом участке, как и на любом промышленном объекте в пределах урбанизированной территории, зависит во многом от техногенных факторов: подземные теплотрассы, водопроводные и канализационные системы, обеспечивающие эксплуатацию промышленной и жилой инфраструктуры города. Значительная часть воды, циркулирующей по подземным городским коммуникациям, попадает в грунты. Например, в Казани величина утечек из водонесущих коммуникаций, составляет около 5 млн. м<sup>3</sup>/год, или 17% от общего водоснабжения. Кроме того, нарушению динамического режима подземных вод также способствует барражирующий эффект от заглубленных частей зданий и сооружений. Отметим, что в отдельных скважинах на территории Казанской ТЭЦ-1 отмечаются изменения уровней подземных вод, не зависящие от общих закономерностей формирования режима подземных вод под влиянием природных климатических условий и колебаний уровней Куйбышевского водохранилища и озера Средний Кабан. Возможно, подобные «незакономерные» флуктуации связаны именно с утечками производственных вод из водонесущих коммуникаций. Например, в скважинах 5а и 6 отмечается стабильный уровень подземных вод, тогда как в скважине 1а, расположенной вблизи главного корпуса 1, с конца марта до середины сентября 2007 г. уровень подземных вод повысился более чем на 2 м. А, например, 9 апреля 2007 г. в скважине 1а вода вообще отсутствовала. Поэтому причинами подобного поведения уровня подземных вод могут являться, наряду с природными явлениями (температура воздуха, атмосферные осадки и т. п.), и техногенные факторы, включая утечки производственных вод. Скважина 1а окружена производственными зданиями, и поэтому инсоляция здесь практически отсутствует. Вследствие этого таяние сезонно-мерзлотного слоя могло начаться позже и продолжаться более продолжительное время, чем на остальной территории ТЭЦ, что подтверждается и относительно низкой температурой (6.2 °С) воды в скважине 1а при замере 15 мая 2007 г. Кроме того, при гидрохимическом опробовании в воде из скважин 1 и 1а обнаружено повышенное содержание нефтепродуктов, что может свидетельствовать о возможных утечках производственных вод на данном участке.

Температурный режим грунтовых вод формируется под влиянием климатического фактора, теплового воздействия зданий и сооружений, а также утечек производственных вод с относительно повышенной температурой из водонесущих коммуникаций. При этом температура грунтовых вод более четко зависит от температуры окружающего воздуха (рис. 5), чем уровень вод от количества атмосферных осадков (см. рис. 3). Так, в осенне-зимний период температура

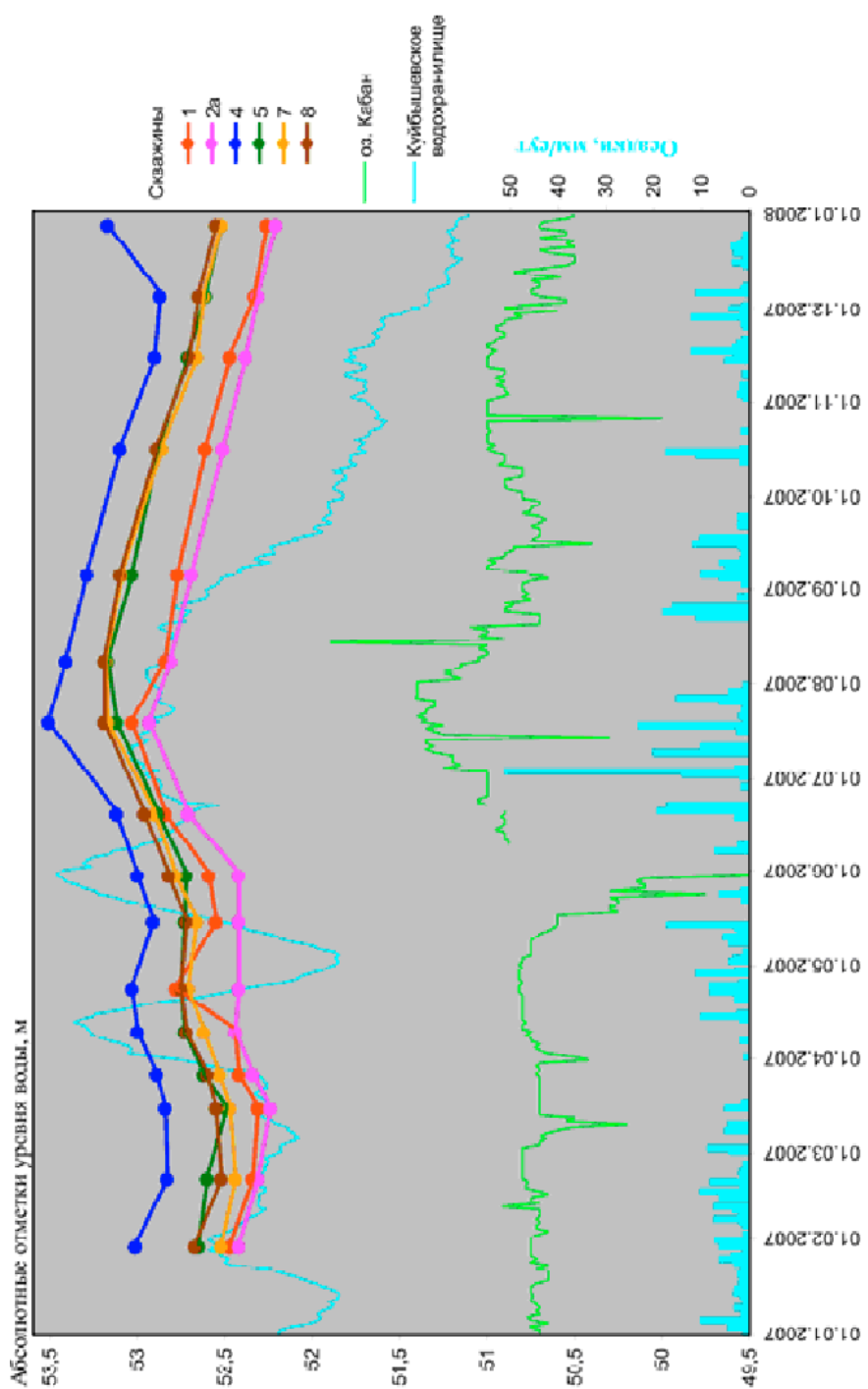


Рис. 3. Уровни подземных вод верхнечетвертичного аллювиального комплекса





Рис. 4. Карта гидроизогины первого от поверхности водоносного горизонта (по состоянию на 15 ноября 2007 г.)

грунтовых вод обычно понижается, а минимальные температуры приурочены к периоду весеннего снеготаяния. С увеличением глубины залегания водоносных горизонтов колебания температуры воды обычно уменьшаются. Например, годовые колебания температуры воды первого от поверхности техногенного горизонта составили 8.2–13.3 °С, тогда как в подземных водах четвертичного аллювиального водоносного комплекса данные параметры меньше 5.2–10.7 °С. Установлено, что температура подземных вод реагирует на изменения температуры окружающего воздуха с запаздыванием в 1.5–2.5 месяца (рис. 5).

Несмотря на преобладающую прямую зависимость температуры подземных вод от температуры окружающего воздуха, отмечаются и некоторые термические флуктуации, связанные с климатическими и техногенными причинами. Например, с конца января до конца февраля 2007 г. при понижении температуры воздуха с 0 °С до –20 °С температура подземных вод повысилась на территории ТЭЦ-1 в среднем на 0.85 °С. Данный факт может свидетельствовать о значительном тепловом воздействии на подземные воды зданий и сооружений ТЭЦ



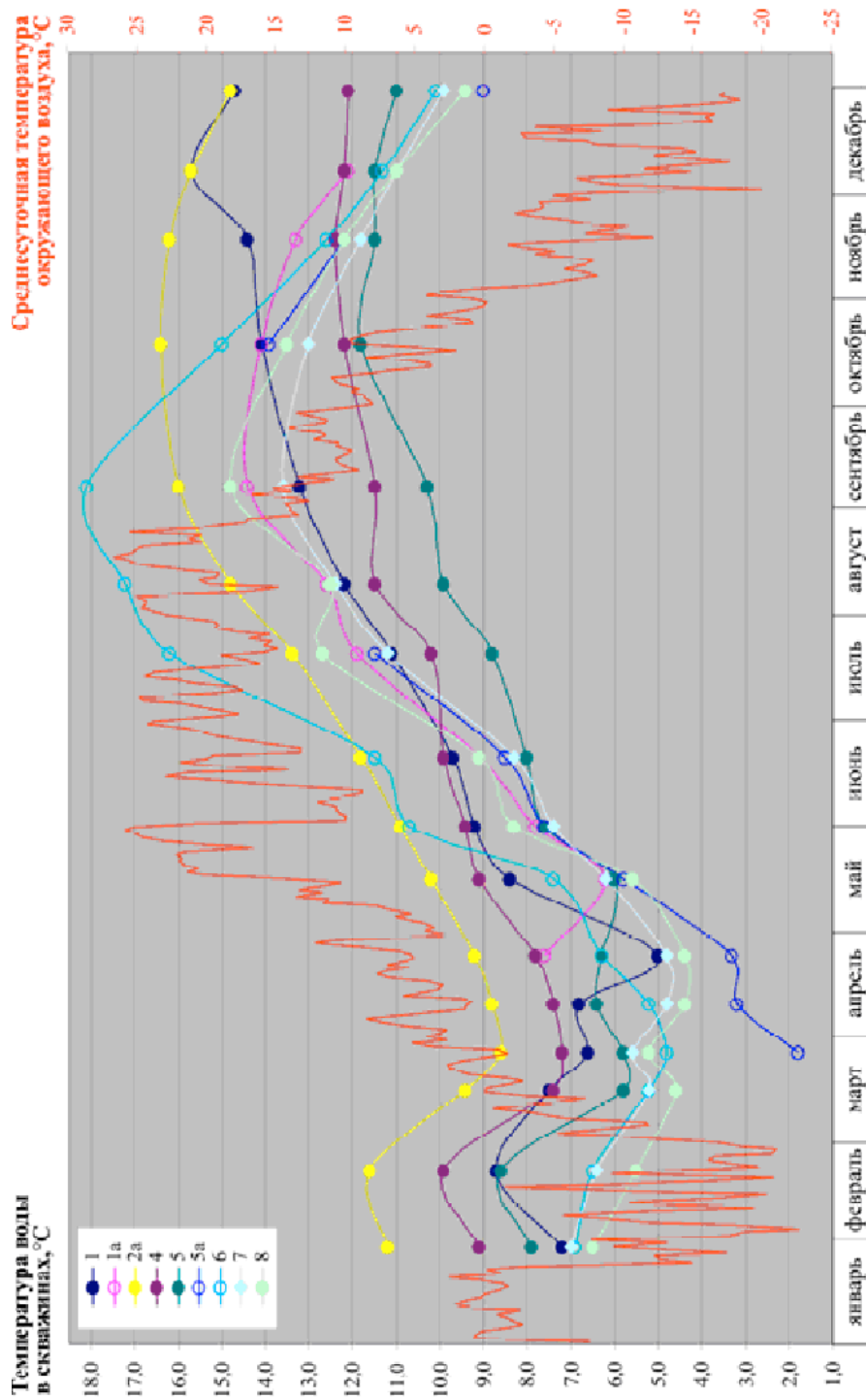


Рис. 5. Графики колебаний температуры подземных вод и среднесуточной температуры воздуха в 2007 г.



Рис. 6. Карта гидроизотерм водоносного верхнечетвертичного аллювиального комплекса (по состоянию на 5 сентября 2007 г.)

в холодный период времени, когда станция работает в усиленном режиме, что подтверждается данными для всего осенне-зимнего периода. Так, на шламоотвале средние температуры подземных вод в период с 16 октября по 28 декабря понизились с  $13.8^{\circ}\text{C}$  до  $9.8^{\circ}\text{C}$ , тогда как на территории ТЭЦ-1 понижение было незначительным – с  $13.8^{\circ}\text{C}$  до  $12.3^{\circ}\text{C}$ .

При переходе в конце марта температур окружающего воздуха с отрицательных значений на положительные наблюдается понижение температуры подземных вод, что связано с поступлением в гидросферу холодных талых вод. В апреле – мае температура воды в скважинах постепенно повышалась одновременно с повышением температуры окружающего воздуха. Наиболее интенсивное повышение температуры подземных вод (до  $4.7^{\circ}\text{C}$  в скважине б) произошло в середине июля, что связано как с особенностями летнего периода 2007 г. на территории Казани, так и общими климатическими закономерностями умеренных широт. В середине июня завершается весенний паводок, полностью оттаивает сезонно-мерзлый слой, прогревается почва, вода в поверхностных водоемах, атмосферные осадки выпадают в жидкой форме с температурой не ниже  $15^{\circ}\text{C}$ ,

что и вызывает повышение температуры подземных вод. Далее с середины июля до начала сентября температуры подземных вод продолжали повышаться на 1.3–2.6 °С. С началом осенне-зимнего периода и снижением среднесуточных температур окружающего воздуха температуры подземных вод первого от поверхности водоносного горизонта также начинают понижаться в среднем на 2 °С/месяц. На картах гидроизотерм повышенные температуры вод верхнечетвертичного аллювиального комплекса наблюдаются в районе главных корпусов 1 и 2 (рис. 6), наиболее высокие температуры первого от поверхности водоносного горизонта отмечаются в летне-осенний период на территории шламоотвала в скважине 6, а в зимне-весенний период – около главного корпуса 1 в скважине 1а.

По химическому составу грунтовые воды преимущественно относятся к сульфатно-гидрокарбонатным магниевым-натриево-кальциевым, реже – к гидрокарбонатно-сульфатным магниевым (табл. 1). Характерной особенностью вод являются значительные вариации химических компонентов. Например, величина сухого остатка изменяется от 0.4 до 8.8 г/л. Сезонные изменения химического состава выражаются в увеличении в зимнюю межень сухого остатка в 1.25 раза в водах техногенного горизонта. По сравнению с паводком в межень в ряде скважин также увеличиваются значения окисляемости, содержания нефтепродуктов и фенолов. Это связано с тем, что в зимний период питание грунтовых вод за счет атмосферных осадков практически прекращается и поэтому происходит повышение концентраций некоторых загрязняющих компонентов. В весенний паводок подземные воды четвертичного аллювиального комплекса характеризуются повышенным содержанием марганца, свинца, цинка, меди (рис. 7). Возможно, это связано с их поступлением в подземную гидросферу за счет инфильтрации талых вод, так как известно, что снег аккумулирует и сохраняет в себе все загрязняющие атмосферу компоненты за зимний период.

По результатам анализов водных проб построены гидрохимические карты для территории Казанской ТЭЦ-1 и шламоотвала. Из анализа карт установлено, что в районе главных корпусов 1 и 2 повышены содержания марганца, железа, свинца, меди, нитратов, нефтепродуктов. На шламоотвале в районе цеха переработки шлама (скважина 6) подземные воды содержат значительные количества натрия, калия, железа, магния, аммония, хлора, сульфатов, гидрокарбонатов, фосфатов, нитритов, карбонатов, что свидетельствует, по-видимому, о значительном техногенном изменении химического состава подземных вод на данном участке территории Казанской ТЭЦ-1.

Влияние на санитарное состояние грунтовых вод промышленных объектов определяется степенью загрязнения, то есть вызванными антропогенной и техногенной деятельностью изменениями физических, химических, биологических свойств вод по сравнению с их естественным состоянием. Загрязнение подземных вод отражается как увеличением содержаний основных химических компонентов (хлоридов, сульфатов, кальция, железа и др.), так и появлением специфических, несвойственных для природной гидросферы компонентов (нефтепродуктов, фенолов и др.). Для количественной оценки техногенной трансформации грунтовых вод Казанской ТЭЦ-1 рассчитаны фоновые содержания компонентов.

Табл. 1

Химический состав грунтовых вод в скважинах Казанской ТЭЦ-1 в 2007 г., мг/л

Компоненты	Скважина 1		Скважина 1а		Скважина 5		Скважина 6		Скважина 8	
	май	декабрь	май	декабрь	май	декабрь	май	декабрь	май	декабрь
рН	7.36	7.33	7.3	7.5	7.17	7.1	8.41	8.25	6.91	7.07
Окисляемость	5.77	7.08	6.2	7.6	2.65	4.32	23.6	212	4.04	34.8
Жесткость, мг-экв./л	6.72	3.98	8.35	12.45	7.68	8.33	105.59	126.19	14.81	10.29
Натрий	51.5	33.73	108.7	77.48	116.5	105.59	229.1	262.1	47.74	46.32
Калий	5.26	4.24	22.8	19.12	3.421	7.77	130.95	169.5	2.3	2.13
Марганец	0.811	0.34	1.92	0.9	0.365	0.07	0.18	0.01	8.69	2.21
Железо общее	0.032	0.1	0.12	0.24	0.03	< 0.001	0.12	< 0.001	0.13	1.826
Свинец	0.0095	< 0.001	0.03	< 0.001	0.0042	< 0.001	0.0004	< 0.001	0.028	< 0.001
Цинк	2.25	< 0.001	0.54	0.08	1.21	0.136	1.11	< 0.001	4.92	0.02
Медь	0.02	0.002	0.064	0.01	0.014	0.001	0.017	0.001	0.08	0.001
Магний	23.83	12.26	35.57	30.18	34.9	25.48	1265	1417	86.71	69.87
Кальций	95.45	59.49	108.6	199.7	96.4	125	29.46	191.6	153.7	91.02
Аммоний	0.48	0.27	0.99	1.58	0.15	0.17	16.46	19.6	7.96	6.07
Фториды	0.51	0.32	0.13	0.08	0.185	0.21	0.22	0.39	0.6	0.29
Хлориды	18.26	18.36	13.61	17.05	15.4	30.55	85.93	87.38	18.62	17.4
Сульфаты	48.56	79.83	209.87	15.64	202.46	245.25	4057.4	3983.3	8.23	23.04
Гидрокарбонаты	415	260.8	522.6	966	427	408.7	1926.6	3521	956	729
Фосфаты	0.01	0.03	0.04	0.01	0.01	0.01	0.44	0.53	0.01	0.3
Нитриты	0.09	0.015	0.21	0.018	0.14	0.073	0.05	0.019	0.09	0.008
Нитраты	0.82	0.25	1.04	1.48	26.78	28.14	0.76	1.64	1.7	2.27
Сероводород	< 0.02	14.5	< 0.02	< 0.002	< 0.02	11.5	< 0.02	20.4	< 0.02	12.1
Сухой остаток	720	400	968	936	976	796	6776	8756	958	724
Фенолы	0.133	0.072	0.128	0.865	0.0021	0.0028	0.043	0.04	0.013	0.0229
Нефтепродукты	9.62	10.04	8.22	347.83	0.308	0.018	0.759	0.781	0.302	0.285
Углекислота свободная	62.29	54.55	83.38	202.08	77.07	85.5	19.7	36	214.99	152.5
Углекислота агрессивная	3	25	0	0	14	13	0	0	6	5

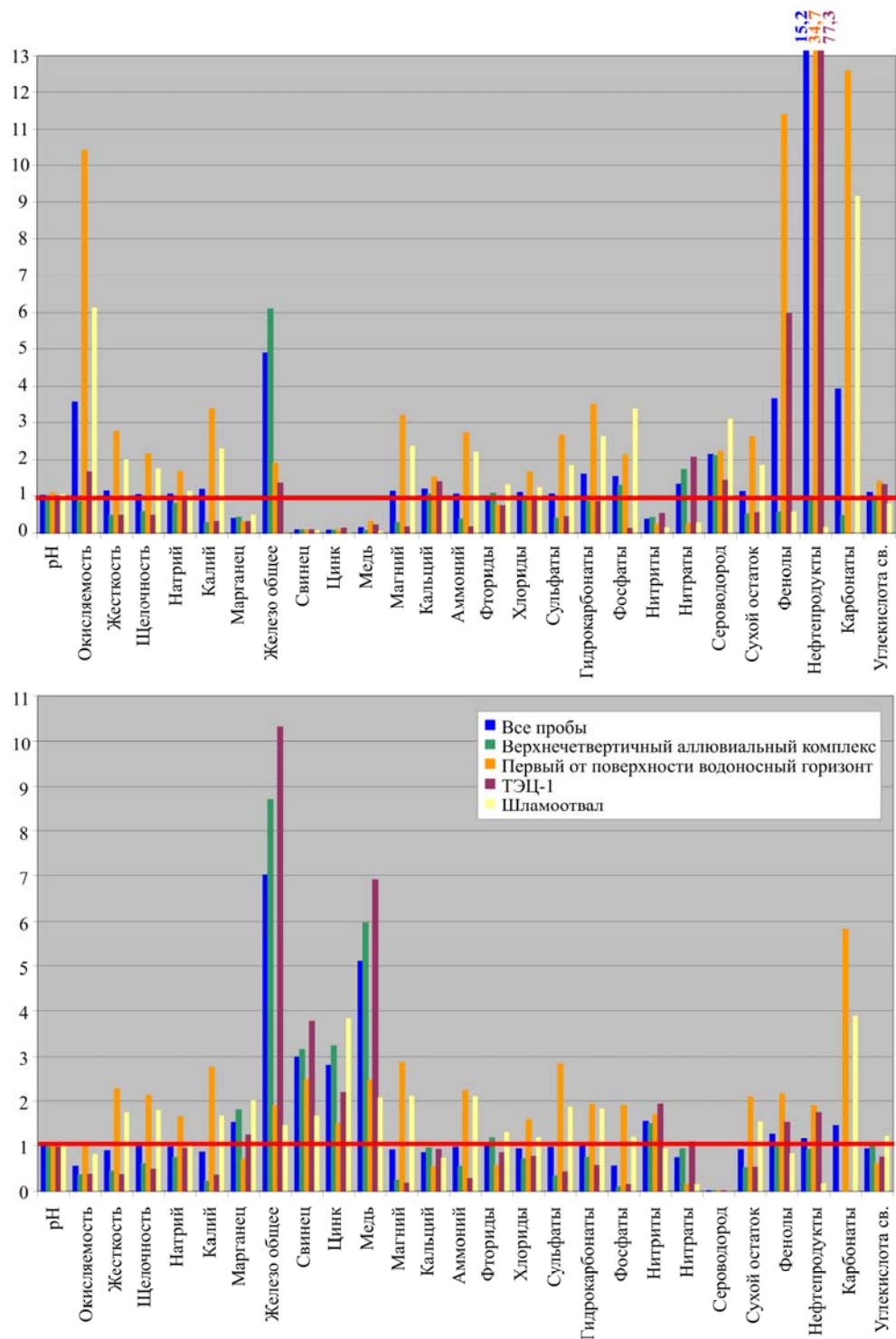


Рис. 7. Коэффициенты концентрации компонентов в грунтовых водах в зимнюю межень (вверху) и весенний паводок (внизу) За 1 принято фоновое содержание компонентов в подземных водах территории (табл. 1)

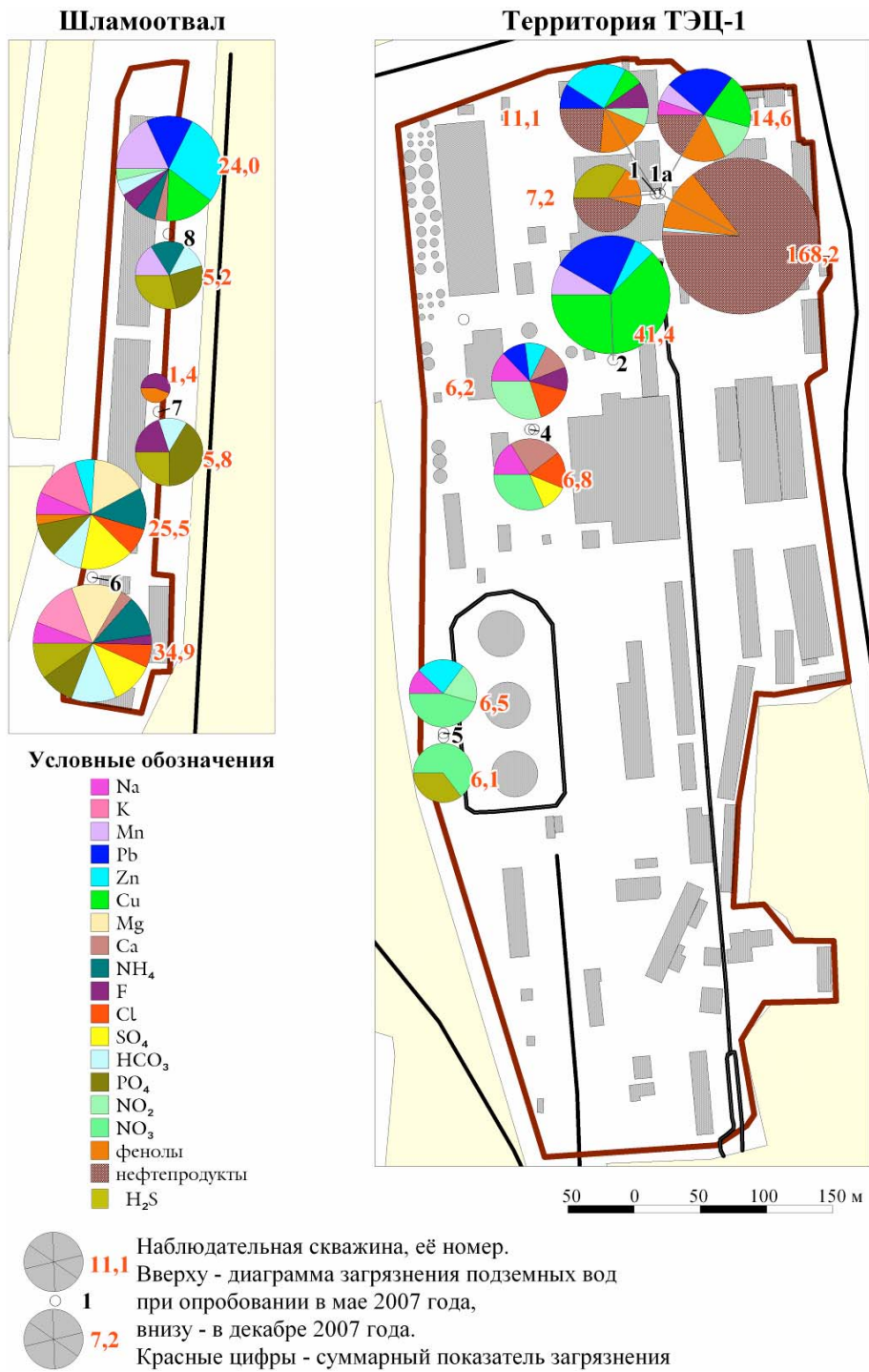


Рис. 8. Карта загрязнения грунтовых вод. Разъяснения в тексте

При этом за фоновые значения были приняты средние содержания компонентов минус стандартное отклонение. Анализ распределения компонентов показал следующее (см. рис. 7). Воды верхнечетвертичного комплекса загрязнены Mn, Fe, Zn, Cu, нитратами, а воды техногенного горизонта – Na, K, Fe, Pb, Zn, Cu, Mg, аммонием, сульфатами, хлоридами, фосфатами, фенолами и нефтепродуктами. На территории ТЭЦ-1 в районе главных корпусов 1 и 2 происходит загрязнение подземных вод Mn, Fe, Pb, Zn, Cu, нитратами, фенолами и нефтепродуктами, а на шламоотвале – K, Mn, Mg, Fe, Pb, Zn, Cu, аммонием, сульфатами.

Интенсивность загрязнения определяется степенью накопления компонента-загрязнителя по сравнению с фоновыми значениями. Показателем аномальности содержания компонентов в геосредах является коэффициент концентрации, который рассчитывается как отношение содержания компонента к его фоновому значению. Это позволило установить, что основными загрязнителями подземных вод Казанской ТЭЦ-1 весной являются свинец, медь, железо, а зимой – фенолы и нефтепродукты с коэффициентами концентрации каждого из данных компонентов более 3 (см. рис. 7). Для количественной характеристики техногенного воздействия на грунтовые воды предложен суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ), учитывающий все компоненты, коэффициент концентрации которых больше 1. Суммарный показатель рассчитывается по формуле

$$Z_c = \sum_i^n C_i/C_\phi - (n-1),$$

где  $C_i$  – содержание компонента в подземных водах,  $C_\phi$  – фоновое содержание компонента,  $n$  – число учитываемых компонентов при  $C_i/C_\phi > 1$ .

Результаты анализа суммарного показателя свидетельствуют о том, что практически во всех наблюдательных скважинах зафиксировано загрязнение подземных вод. Максимальные значения  $Z_c$  отмечаются на территории ТЭЦ-1 в скважинах 1, 1а, 2а (рис. 8). На шламоотвале наибольшие значения суммарного показателя загрязнения отмечаются в скважине 6 на протяжении всего года, а в скважине 8 – в мае.

Из вышеизложенного следует, что на территории ТЭЦ-1 и шламоотвале подземные воды подвержены достаточно интенсивному техногенному загрязнению, что фиксируется как аномалиями для отдельных компонентов, так и суммарным показателем загрязнения. Наиболее загрязненными являются грунтовые воды первого от поверхности водоносного техногенного горизонта. Площадное поведение компонентов в грунтовых водах показывает, что самая значительная трансформация химического состава грунтовых вод отмечается в районе главных корпусов ТЭЦ-1, где предельно-допустимые концентрации некоторых компонентов (относительно питьевых вод) превышены на 1–3 порядка. Это свидетельствует, по-видимому, об интенсивном точечном техногенном загрязнении подземных вод в результате утечек производственных вод и горюче-смазочных материалов, попадания загрязненных талых вод и атмосферных осадков в водоносные горизонты на территории исследованного объекта и, в свою очередь, подтверждают вывод некоторых исследователей [9–11], что значительное влияние антропогенных факторов на химизм подземных вод реализуется только для локального



уровня на площадях, примыкающих к техногенным объектам. Кроме того, полученные данные подтверждают наличие в гидросфере под промышленными объектами техногенно-преобразованных водоносных подразделений, которые требуют дальнейшего специального изучения [12–15].

Оценка влияния грунтовых вод на здания и сооружения Казанской ТЭЦ-1 включала изучение подтопления территории и агрессивности грунтовых вод к искусственным конструкциям. К подтопленной относится территория с глубиной уровня подземных вод менее 5 м, при этом по степени подтопления выделяются зоны сильного (глубина уровня вод 0–1 м), среднего (1–3 м) и слабого (3–5 м) подтопления. Точная оценка подтопления производится при наличии крупномасштабного топографического плана подземных коммуникаций с абсолютными отметками оснований фундаментов и различных коммуникаций, достаточного количества наблюдательных скважин для полной характеристики гидродинамического режима подземных вод, а также длительного периода наблюдения для оценки скорости подъема уровней подземных вод. Поэтому по наблюдениям 2007 г. получена первоначальная информация о подтоплении территории Казанской ТЭЦ-1. В зависимости от сезонности и климатических условий исследованная территория попадает в область слабого и среднего подтоплений, так как глубина залегания уровней подземных вод изменяется от 2.11 до 4.91 м (рис. 9). Так, в зимнюю межень (январь – середина марта) глубина уровней грунтовых вод составляла 3.61–4.91 м. В весенний паводок и в летне-осенний период уровни подземных вод незначительно повышаются до 2.11–4.71 м, а среднее подтопление фиксируется около склада мазута (скважина 5а) и главного корпуса 1 (скважина 1а). С началом осенне-зимнего спада (октябрь) район склада мазута оставался среднеподтопленным с уровнем вод 2.62–2.97 м (см. рис. 9). Территория шламоотвала находится в зоне среднего подтопления, так как уровень подземных вод расположен на глубинах 1.51–2.91 м. На территории шламоотвала, где расположены скважины 6–8, сезонные колебания глубин уровней подземных вод также проявляются в виде весенне-летнего подъема и осенне-зимнего спада. Однако вся территория шламоотвала в течение 2007 г. оставалась среднеподтопленной (см. рис. 9).

Агрессивность грунтовых вод по отношению к бетонным, железобетонным и металлическим конструкциям оценивается согласно действующим нормативным документам [5, 16]. При этом агрессивное воздействие вод на конструкции определяется следующими показателями: рН, общая жесткость, магний, натрий, калий, железо, аммоний, нитраты, гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, агрессивная углекислота. Выщелачивающий вид агрессивности к бетону оценивается по содержанию гидрокарбонат-иона. Во всех скважинах Казанской ТЭЦ-1 воды неагрессивные. Исключение представляют воды в скважине 2а, где они слабоагрессивные к бетонам низких марок по водонепроницаемости. В весенне-летний период отмечается слабая углекислая агрессивность к бетону в скважинах 4, 5, в зимний период – в скважинах 1, 5 (см. табл. 1). В скважине 6 отмечается слабая магниезальная агрессивность. Слабая сульфатная агрессивность вод фиксируются в скважине 2а, а сильноагрессивные воды – в скважине 6 на шламоотвале. Агрессивность подземных вод к железобетонным конструкциям определяется содержанием хлора. По данному показателю все грунтовые воды

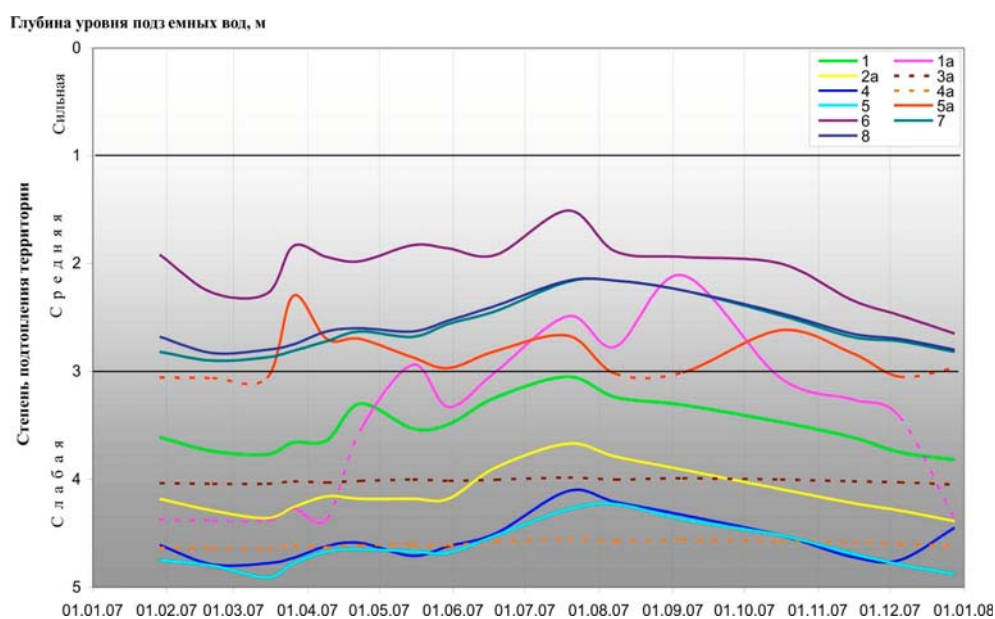


Рис. 9. Уровни грунтовых вод в скважинах. Пунктирной линией показана предполагаемая глубина уровня в скважине при отсутствии в ней воды

оцениваются как неагрессивные при постоянном смачивании и слабоагрессивные при периодическом смачивании. Агрессивность вод к металлическим конструкциям на территории ТЭЦ-1 средняя, а агрессивность вод к свинцовой и алюминиевой оболочкам кабеля во всех скважинах оценивается в основном как слабая, редко – как средняя. В целом агрессивность вод на изученном объекте слабая, что подтверждается и другими данными по грунтовым водам Казани [8].

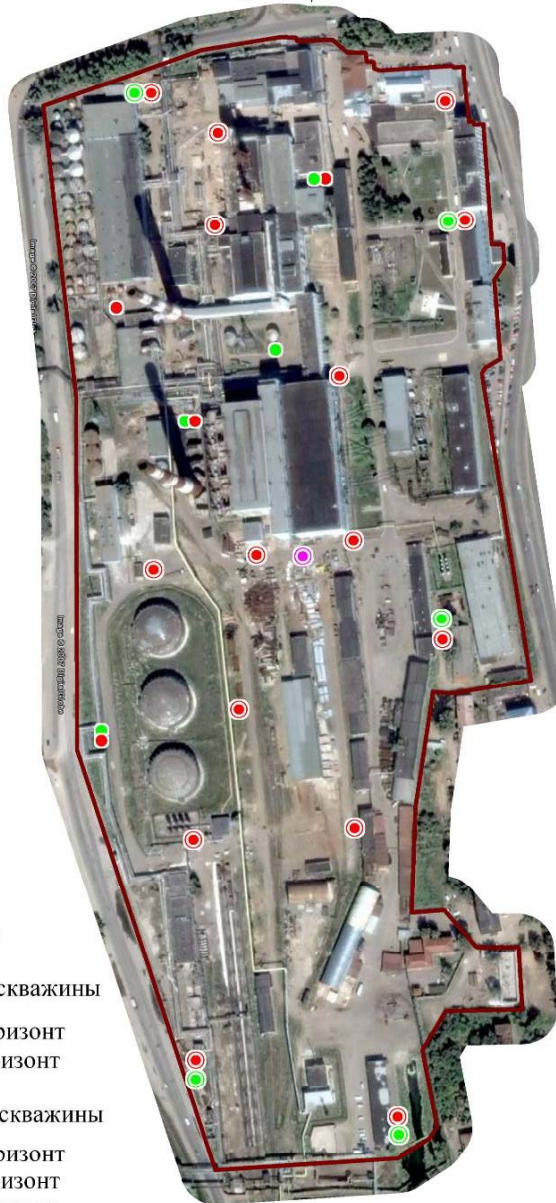
#### Рекомендации и выводы

Существующей сети наблюдательных скважин на территории Казанской ТЭЦ-1 недостаточно для надежного и оптимального контроля за режимом подземных вод и полной характеристики динамических, температурных и химических параметров грунтовых вод. Так, согласно [5] при размещении наблюдательных скважин и определения их количества должны учитываться следующие положения:

- скважины размещаются по всей территории, располагаясь по поперечникам основных объектов, чтобы по результатам режимных наблюдений можно было построить гидрогеологические разрезы;
- для выяснения условий формирования подземных вод часть скважин должна располагаться в областях их питания и разгрузки, а также в местах возможных утечек производственных вод (градирни, бассейны накопителей отходов, насосные станции, мазутохранилища, главный корпус, здания водоподготовки и др.);
- наблюдательные скважины устанавливаются на два или три водоносных горизонта, при этом наибольшее количество скважин оборудуется на первый

**Шламоотвал**

50 0 50 100 150 м

**ТЭЦ-1****Условные обозначения**

Существующие наблюдательные скважины

- на первый водоносный горизонт
- на второй водоносный горизонт

Рекомендуемые наблюдательные скважины

- на первый водоносный горизонт
- на второй водоносный горизонт
- на третий водоносный горизонт

Рис. 10. Рекомендуемая сеть наблюдательных скважин на территории Казанской ТЭЦ-1

от поверхности водоносный горизонт, грунтовые воды которого оказывают непосредственное влияние на подземные части зданий и сооружений (подтопление, агрессивное воздействие) и сами подвергаются воздействию объектов тепловой электростанции (загрязнение, повышение уровней и температуры), что подтверждают и полученные результаты для Казанской ТЭЦ-1.

Опыт многолетних режимных наблюдений на площадках тепловых электростанций показал [5], что количество наблюдательных скважин варьирует от 25 до 80 при площади территории от 30 до 100 га, то есть на 1 га приходится по 0.6–1.7 скважины. С учетом вышеприведенного рекомендуется дополнительное бурение на территории Казанской ТЭЦ-1 25 наблюдательных скважин. Распределение скважин по глубинам следующее: 18 скважин глубиной 5 м оборудуются на первый от поверхности водоносный техногенный горизонт, 5 скважин глубиной 10 м – на второй водоносный горизонт (верхнечетвертичный комплекс), 2 скважины глубиной 50 м – на третий (нижнеказанская свита). Отсюда общее количество скважин с учетом существующих составит 36 (рис. 10).

Рекомендуется предусмотреть проведение мероприятий по предотвращению загрязнения подземных вод, а также организовать систематические наблюдения не только за подземными водами, но и за составом почв, снегового покрова, поверхностных вод и донных отложений, так как данные среды и происходящие в них процессы взаимосвязаны. Например, трансформация химического состава подземных вод и их потенциальная агрессивность к бетонным и металлическим конструкциям в значительной степени обусловлены загрязнением других элементов окружающего пространства. Поэтому мониторинг состава вышеуказанных сред необходим для обнаружения, наблюдения и контроля изменений состояния окружающего пространства для локального уровня [3, 4].

Проведенные исследования на Казанской ТЭЦ-1 позволили сделать следующие выводы.

1. Подтверждена прямая зависимость температуры грунтовых вод от климатических особенностей. Выявлено значительное тепловое воздействие главных корпусов 1, 2 и пиковой котельной на температурный режим вод. Степень зависимости режима уровня подземных вод на территории Казанской ТЭЦ-1 от колебаний уровня Куйбышевского водохранилища и озера Средний Кабан неясная.

2. Не выявлено существенных изменений гидродинамического режима грунтовых вод. Так, в скважинах максимальные колебания уровня вод составили 1.33 м. Причинами изменения уровня в скважинах являются природные явления (атмосферные осадки, таяние снежного покрова, изменения уровня Куйбышевского водохранилища и др.), а также техногенные факторы (утечки производственных вод и др.). Наиболее высокие уровни вод отмечаются у корпуса 2 и склада мазута.

3. Грунтовые воды сильно загрязнены в результате утечек производственных вод и горюче-смазочных материалов, попадания загрязненных поверхностных вод с территории Казанской ТЭЦ-1 и соседних промышленных предприятий. Изменение приповерхностной части гидrolитосферного пространства под прямым и косвенным влиянием деятельности данного энергетического объекта привело к усложнению структуры гидрохимических полей с возникновением локальных техногенных аномалий [1].

4. Почти вся территория ТЭЦ-1 находится в зоне слабого подтопления с уровнем грунтовых вод 2–5 м. В зоне среднего подтопления расположены шламоотвал, склад мазута и главный корпус 1. Установлена слабая (редко средняя) агрессивность подземных вод к бетонным и металлическим конструкциям.

5. Необходимо расширение наблюдательной сети за подземными водами, а также организация систематических наблюдений за составом других депонирующих сред, что позволит создать постоянно действующую мониторинговую модель Казанской ТЭЦ-1 как эталонного промышленного объекта по изучению взаимодействия технократического общества и природы при эксплуатации энергетических комплексов.

#### Литература

1. Трофимов В.Т., Барабошкина Т.А., Жигалин А.Д., Харькина М.А. Изменение экологических функций литосферы под влиянием энергетических комплексов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. – 2006. – № 1. – С. 49–58.
2. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Барабошкина Т.А., Жигалин А.Д., Харькина М.А. Трансформация экологических функций литосферы в эпоху техногенеза. – М.: Ноосфера, 2006. – 720 с.
3. Брюхань Ф.Ф., Куприна И.В., Куприна М.С. Комплексное исследование загрязнения природной среды на площадке строительства Сочинской ТЭЦ // Геоэкология. – 2005. – № 4. – С. 311–316.
4. Санина Н.Б., Ланкин Ю.К., Матвеева И.В. Эколого-геохимическая обстановка окрестностей Усть-Илимской ТЭЦ (Иркутская обл.) // Геоэкология. – 2007. – № 2. – С. 124–136.
5. Методические указания по контролю за режимом подземных вод на строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанциях. РД 153-34.1-21.325-98. – М.: ОРГРЭС, 1999. – 35 с.
6. Каитанов С.Г. Грунтовые воды г. Казани. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1959. – 80 с.
7. Каитанов С.Г. Подземные воды г. Казани. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1979. – 96 с.
8. Каюков П.Н. Формирование грунтовых вод под влиянием Куйбышевского водохранилища // Материалы 1 науч.-техн. совещ. по изучению Куйбышевского водохранилища. – Куйбышев, 1963. – Вып. 4. – С. 42–51.
9. Хузин И.А., Жаркова Н.И., Галеев Р.К., Шевелёв А.И., Нуриев И.С. Гидрогеологический аспект инженерно-геологических условий г. Казани // Изменяющаяся геологическая среда: пространственно-временные взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов: Материалы Междунар. конф. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2007. – Т. 2. – С. 331–335.
10. Зверев В.П. Подземные воды земной коры и геологические процессы. – М.: Науч. мир, 2006. – 256 с.
11. Зверев В.П., Варванина О.Ю., Костикова И.А. Влияние техногенного загрязнения на формирование химического состава грунтовых вод территории Москвы // Геоэкология. – 2001. – № 5. – С. 431–436.
12. Зверев В.П., Костикова И.А., Путилина В.С. Особенности влияния современной антропогенной деятельности на формирование состава подземных вод на основных гидросферных уровнях // Геоэкология. – 2002. – № 4. – С. 311–315.
13. Сунгатуллин Р.Х. Набережные Челны: природная и техногенная гидросферы // Инж. изыскания. – 2008. – № 6. – С. 60–64.
14. Сунгатуллин Р.Х. Техногенез и минеральные воды // Разведка и охрана недр. – 2009. – № 2. – С. 53–58.
15. Сунгатуллин Р.Х., Хазиев М.И. Системный подход при изучении гидросферы на промышленно-урбанизированных территориях // Геоэкология. – 2009. – № 1. – С. 19–31.

16. ГОСТ 9.602-89. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. – М., 1989. – 66 с.

Поступила в редакцию  
03.12.12

**Сунгатуллин Рафаэль Харисович** – доктор геолого-минералогических наук, доцент кафедры региональной геологии и полезных ископаемых, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: *Rafael.Sungatullin@ksu.ru*

**Хазиев Марсель Ильгизович** – начальник геологического отдела, ООО «Татарстангеология», г. Казань, Россия.

E-mail: *tatgeo@nm.ru*

\* \* \*

### GROUNDWATER AND ENERGY COMPLEXES (Case Study of Kazan Combined Heat and Power Plant No. 1)

*R.Kh. Sungatullin, M.I. Khaziev*

#### Abstract

For the first time within the territory of Kazan, we conducted monitoring investigations of groundwater at an individual unit of the energy complex. We studied the dynamic, temperature and chemical parameters of water. The local-level monitoring revealed the connections between geographic and geological environments. In this paper, we give an estimation of the water aggressiveness towards buildings and constructions and recommend expanding the observation network of the dominating environments.

**Keywords:** regime, combined heat and power plant, groundwater, aggressiveness, level, temperature, monitoring.

#### References

1. Trofimov V.T., Baraboshkina T.A., Zhigalin A.D., Kharkina M.A. Changes in the ecological functions of the lithosphere under the influence of energy complexes. *Vestn. Mosk. Univ. Ser. 4. Geol.*, 2006, no. 1, pp. 49–58. (In Russian)
2. Trofimov V.T., Ziling D.G., Baraboshkina T.A., Zhigalin A.D., Kharkina M.A. Transformation of the ecological functions of the lithosphere in the era of technogenesis. Moscow, Noosfera, 2006. 720 p. (In Russian)
3. Bryukhan F.F., Kuprina I.V., Kuprina M.S. An integrated study of environmental pollution at the construction site of the Sochi combined heat and power plant. *Geoekologiya*, 2005, no. 4, pp. 311–316. (In Russian)
4. Sanina N.B., Lankin Yu.K., Matveeva I.V. Ecological and geochemical state of the environs of the Ust-Ilimsk Combined Heat and Power Plant (Irkutsk Region). *Geoekologiya*, 2007, no. 2, pp. 124–136. (In Russian)
5. Guiding Document 153-34.1-21.325-98. Guidelines for the control of the groundwater regime in thermal power stations under construction and operation. Moscow, ORGRES, 1999. 35 p. (In Russian)
6. Kashtanov S.G. Groundwater in the city of Kazan. Kazan, Izd. Kazan Univ., 1959. 80 p. (In Russian)
7. Kashtanov S.G. Groundwater in the city of Kazan. Kazan, Izd. Kazan Univ., 1979, 96 p. (In Russian)
8. Kayukov P.N. The formation of groundwater under the influence of the Kuibyshev Reservoir. *Materialy I nauch.-tekhnicheskogo soveshchaniya po izucheniyu Kuibyshevskogo vodokhranilishcha* [Proc. 1st Sci.-Techn. Meeting for the Study of the Kuibyshev Reservoir]. Kuibyshev, 1963, no. 4, pp. 42–51. (In Russian)

9. Khuzin I.A., Zharkova N.I., Galeev R.K., Shevelev A.I., Nuriev I.S. The hydrogeological aspect of the geological and engineering conditions of Kazan. *Izmenyayushchayasya geologicheskaya sreda: prostranstvenno-vremennye vzaimodeistviya endogennykh i ekzogennykh protsessov. Materialy Mezhdunar. Konf.* [The changing geological environment: The spatial and temporal interactions of endogenous and exogenous processes. Mat. Int. Conf.]. Kazan, Izd. Kazan Univ., 2007, vol. 2, pp. 331–335. (In Russian)
10. Zverev V.P. The Groundwater of the Earth's Crust and Geological Processes. Moscow, Nauchn. Mir, 2006. 256 p. (In Russian)
11. Zverev V.P., Varvanina O.Yu., Kostikova I.A. The effect of anthropogenic pollution on the formation of the chemical composition of groundwater within the territory of Moscow. *Geoekologiya*, 2001, no. 5, pp. 431–436. (In Russian)
12. Zverev V.P., Kostikova I.A., Putilina V.S. Peculiarities of the influence of modern human activity on the formation of groundwater composition at major hydrospheric levels. *Geoekologiya*, 2002, no. 4, pp. 311–315. (In Russian)
13. Sungatullin R.Kh. Naberezhnye Chelny: natural and technogenic hydrospheres. *Inzhenernyye izyskaniya*, 2008, no. 6, pp. 60–64. (In Russian)
14. Sungatullin R.Kh. Technogenesis and mineral water. *Razvedka i okhrana nedr*, 2009, no. 2, pp. 53–58. (In Russian)
15. Sungatullin R.Kh., Khaziev M.I. A system approach to the study of the hydrosphere in industrialized urban areas. *Geoekologiya*, 2009, no. 1, pp. 19–31. (In Russian)
16. State Standard 9.602-89. Unified system of corrosion and aging protection. Underground constructions. General requirements for corrosion protection. Moscow, 1989. 66 p. (In Russian)

Received  
December 3, 2012

---

**Sungatullin Rafael Kharisovich** – Doctor of Geology, Associate Professor, Department of Regional Geology and Mineral Resources, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: [Rafael.Sungatullin@ksu.ru](mailto:Rafael.Sungatullin@ksu.ru)

**Khaziev Marsel Ilgizovich** – Head of the Geological Department, Tatarstangeologiya LLC, Kazan, Russia.

E-mail: [tatgeo@nm.ru](mailto:tatgeo@nm.ru)