

В.А. Шабанов, А.В. Шабанова

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет;
e-mail: shabanoff.vsevolod@yandex.ru)

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БУТСТРАПА В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ГОРОДСКИХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

На основе экспериментальных данных с использованием бутстрапа были разработаны рекомендации по определению программы измерений концентраций нитритов, нитратов, аммония и нефтепродуктов в воде городских прудов с целью разработки решений по повышению уровня экологической безопасности рекреационных объектов.

Ключевые слова: городской рекреационный объект, оценка качества воды, нефтепродукты, нитраты, аммоний.

V.A. Shabanov, A.V. Shabanova

EXPERIENCE OF USING BOOTSTRAP IN SYSTEM OF ECOLOGICAL MONITORING OF URBAN WATER OBJECTS

Based on experimental data there were developed recommendations on the definition of the measurement program of concentrations of nitrite, nitrate, ammonium, and oil products in water urban ponds by using bootstrap in order to develop solutions to improve the environmental safety of recreational facilities.

Key words: urban recreation unit, water quality assessment, oil products, nitrates, ammonia.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 24 июля 2015 г.

Городские рекреационные объекты используются для ежедневного и еженедельного типов рекреации. Их роль и ценность особенно возрастают в период кризиса, когда для многих горожан отдых в удалённых от места постоянного проживания регионах становится невозможным. Возрастающие рекреационные нагрузки неизбежно приведут к деградации рекреационного ландшафта. В связи с этим особенно острой становится проблема обеспечения экологической безопасности таких объектов.

Объектом исследования в настоящей работе являются пруды города Самары, которых более 40. Из них более половины составляют копаные пруды, созданные в конце XIX – начале XX вв. Сейчас они оказались включёнными в застройку. В большинстве своём это округлые пруды диаметром от 20 до 40 м, глубиной до 2 м, питающиеся в основном за счёт осадков, нередко полностью пересыхают. Площадь рекреационных объектов не превышает 2-3 га. Для таких рекреационных объектов спектр рекреационных занятий включает прогулки, спортивные игры (как правило, во дворе есть спортпло-

щадка) и зачастую пикники с разведением костров. Однако при соответствующем уходе такие рекреационные объекты приобретают значительную эстетическую, экологическую и рекреационную ценность [1].

Бессточные малые водоёмы, к которым относятся пруды Самары, редко становятся объектом таких исследований. Собственно экологическому состоянию прудов Самары посвящена работа [2]. Однако в литературе нет обоснованного подхода к назначению программы гидрохимических наблюдений для городских водоёмов [3]. Особенностью эколого-аналитических измерений качества воды городских водоёмов, по крайней мере, для Самары, является их фрагментарность. Это делает невозможным применение классического инструментария параметрической статистики для выявления тенденций загрязнения, сопоставлений типа "объект – аналог" и пр. Поэтому возникает необходимость в поиске новых подходов, пригодных для обработки разрозненных результатов измерений, что позволило бы на их основе принимать адекватные управленческие решения.

Авторами проведена оценка применимости бутстрапа, реализованного средствами Matlab, для обоснования программы эколого-аналитических измерений с целью оценки качества воды прудов рекреационных объектов Самары.

В качестве объектов исследования были выбраны семь прудов, различающихся по ряду показателей. Все пруды используются для целей рекреации, в том числе для купания, что делает крайне важным систематическую оценку качества воды. Характеристики прудов и прилегающей территории даны в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика объектов исследования

Показатель	Пруд Сухой [4]	Пруд №1 в 12 микр. [5]	Пруд №2 в 12 микр. [5]	Пруд в 13 микр. [5]	Пруд в 14 микр. [5]	Пруд у планового института [6]	Пруд на Ново-Вокзальной
Максимальная длина, м	60,0	54,0	70,0	55,0	37,0	120	64,0
Максимальная ширина, м	25,0	33,0	54,0	25,0	22,0	100	45,0
Максимальная глубина, м	2,0	0,7	0,8	0,2	1,2	1,0	нет данных
Наличие охранного статуса	Памятник природы	нет	нет	нет	нет	нет	нет
Функциональное значение	декоративное, эстетическое значение, рекреационное	рекреационное	рекреационное	рекреационное	эстетическое	рекреационное	рекреационное
Зелёные насаждения	клён ясенелистный, ива белая	дуб черешчатый, вяз мелколистный, липа мелколистная	ива белая	ясень, липа мелколистная, ива белая	тополь, клён ясенелистный, ива белая	тополь, клён ясенелистный, ива белая	клён ясенелистный, вяз мелколистный

Пруды в 12, 13, 14 микрорайонах. В границах улиц Ташкентская – проспект Кирова – Московское шоссе – проспект Карла Маркса находятся четыре водоёма (рис. 1). Пруды №1 и №2 расположены в окружении жилых домов рядом с пересечением улиц Стара Загора и Димитрова. Пруды копаные. Берега пологие, глинистые. Дно водоёмов илистое, покрыто грубым детритом растительного происхождения. Грунт пруда №2 имеет сильный запах сероводорода. Питание водоёмов осуществляется атмосферными осадками и стоком с прилегающей территории. Водный режим непостоянен, сильно зависит от погодных условий. В засушливые годы пруды полностью пересыхают. Дно и берега водоёмов замусорены [2].

Пруд в **13 микрорайоне** расположен в окружении жилой застройки недалеко от пересечения Московского шоссе и проспекта Кирова. Пруд копаный. Из четырех рассматриваемых он может быть охарактеризован как наиболее благополучный: уровень воды подвержен небольшим колебаниям даже в засушливые годы (лето 2010 года), береговая линия замусорена мало.

Пруд в 14 микрорайоне расположен рядом с пересечением улиц Димитрова и Стара Загора. Пруд копаный, очевидно, того же происхождения, что и пруды в 12 микрорайоне. Берега пруда сложены смесью суглинка и строительного мусора. Дно илистое, содержит много грубого детрита. Питание осуществляется преимущественно атмосферными осадками и поверхностным стоком с прилегающей территории. Водный режим пруда непостоянен, уровень воды зависит от погодных условий. Пруд, как правило, высыхает полностью к концу июля. Водоём испытывает сильное антропогенное воздействие. Происходит постоянный сток с проезжей части прилегающих к пруду дорог. С находящейся выше автостоянки в пруд попадают стоки, содержащие нефтепродукты. Дно водоёма сильно замусорено [6].

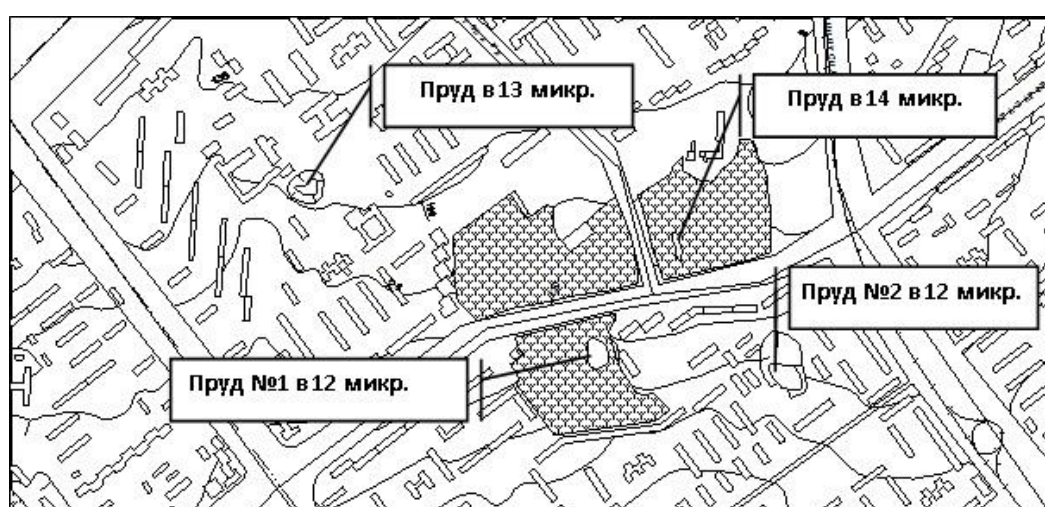


Рис. 1. Местоположение прудов 12, 13 и 14 микрорайона

Пруд Сухой (рис. 2) расположен недалеко от у Поволжской государственной социально-гуманитарной академии по улице Антонова-Овсеенко, 26. Копанный пруд конца XIX в., питается только за счёт атмосферных осадков, поскольку произошло заиливание родников [4]. Колебания уровня воды достигают 170 см за сезон, в засушливые годы пруд полностью пересыхает.

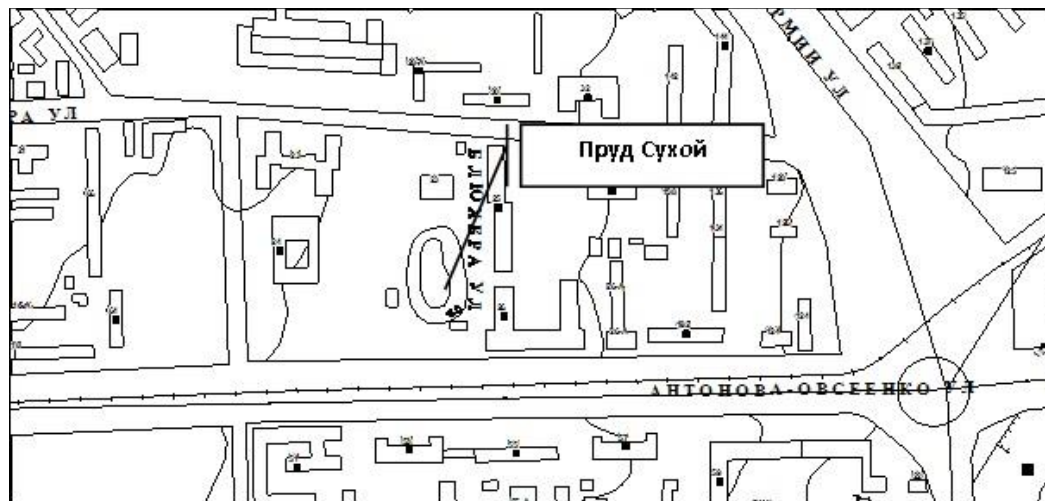


Рис. 2. Местоположение пруда Сухого

Пруд на ул. Ново-Вокзальной (рис. 3) был создан купцом Томашевым, построившим за городом плотину на овражном водотоке. Доказательством тому может служить карта Самары 1924 г., с нанесённым на неё прудом. Водоём использовался в основном для отдыха, но вода была пригодна для питья. В середине прошлого столетия он оказался на территории города [5].



Рис. 3. Местоположение пруда на Ново-Вокзальной

Характерной особенностью пруда, отличающей его от аналогичных объектов в многоэтажной застройке, является его захламлённость. Сам пруд и прилегающая территория на протяжении многих лет используются местным населением как несанкционированная свалка бытовых отходов. Волонтёрские акции по расчистке берегов в 2011 году картину мало изменили [7].

Для оценки качества воды были отобраны пробы в 2011 г. и летом 2012 г. Всего определялось 24 показателя, для отработки методики применения бутстрапа были выбраны четыре показателя: азот аммонийный, нитритный и нитратный (для оценки загрязнённости биогенным элементом) и нефтепродукты (все объекты исследования испытывают на себе негативное влияние объектов транспортной инфраструктуры). Результаты определения четырёх показателей приводятся в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Результаты химического анализа воды прудов (осень 2011 г.)

Рекреационный объект	Нефтепродукты, мг/л	Нитриты, мг/л	Нитраты, мг/л	Аммоний, мг/л
Пруд №1 в 12 микрорайоне	0,016	0,15	0,056	0,1
Пруд №2 в 12 микрорайоне	0,036	0,14	0,005	0,05
Пруд в 13 микрорайоне	0,1	0,25	0,001	0,03
Пруд в 14 микрорайоне	0,15	0,01	0,001	0,02
Пруд Сухой	0,042	0,18	0,03	0,65
Пруд на ул, Нововокзальной	0,023	0,05	0,01	0,02
Пруд у планового института	0,035	0,63	0,08	0,19

Таблица 3

Результаты химического анализа воды прудов (лето 2012 г.)

Рекреационный объект	Нефтепродукты, мг/л	Нитриты, мг/л	Нитраты, мг/л	Аммоний, мг/л
Пруд №1 в 12 микрорайоне	0,012	0,1	0,07	0,005
Пруд №2 в 12 микрорайоне	0,022	0,28	0,02	0,35
Пруд в 13 микрорайоне	1,13	0,04	0,02	4,78
Пруд в 14 микрорайоне	3,22	1,68	0,02	21
Пруд Сухой	0,042	0,18	0,03	0,65
Пруд на ул, Нововокзальной	0,023	0,05	0,01	0,02
Пруд у планового института	0,035	0,63	0,08	1,19

При обработке результатов измерений в качестве нуль-гипотезы мы приняли независимость уровня загрязнённости от времени года. Результаты расчётов средних, их доверительных интервалов и коэффициентов корреляции между двумя выборками представлены в табл. 4.

Сравнение состава проб воды (осень 2011 г. и лето 2012 г.)

Показатель	Время отбора проб	
	Осень 2011 г.	Лето 2012 г.
Нитраты, мг/л		
Среднее	0,189	0,467
Доверительный интервал среднего	0,156-0,221	0,326-0,608
Коэффициент корреляции	-0,133	
Нитриты, мг/л		
Среднее	0,026	0,0326
Доверительный интервал среднего	0,020-0,032	0,023-0,042
Коэффициент корреляции	0,96	
Аммоний, мг/л		
Среднее	0,168	4,56
Доверительный интервал среднего	0,089-0,240	2,48-6,65
Коэффициент корреляции	-0,136	
Нефтепродукты, мг/л		
Среднее	0,0608	0,533
Доверительный интервал среднего	0,0503-0,0714	0,172-0,844
Коэффициент корреляции	0,97	

Нитраты. Видна, с одной стороны, большая разница в средних значениях содержания нитратов в пробах (летом в 2,5 раза больше, чем осенью), а с другой стороны – отсутствие корреляция между двумя выборками. Следовательно, определение нитратов необходимо проводить минимум два раза в год.

Нитриты. Отмечается незначительная разница в средних значениях содержания нитритов. Коэффициент корреляции очень высокий (0,96), между пробами нет статистического различия. На этом основании можно сделать вывод о незначительной временной изменчивости этого показателя, что делает возможным ограничиться одним определением в год.

Аммоний. Разница в средних значениях содержания аммония в пробах оценивается нами как значительная: летом этот показатель в 2,7 раза больше, чем осенью. Корреляция отсутствует, между пробами нет статистической связи. Следовательно, определение аммония необходимо проводить минимум два раза в год.

Нефтепродукты. Видна, с одной стороны, большая разница в средних значениях содержания нефтепродуктов в пробах, а с другой стороны – высокая корреляция между выборками.

Нефтепродукты являются основными загрязняющими веществами в городской среде, а их концентрация в воде прудов подвержена временным колебаниям: летом их содержание почти в семь раз выше, чем осенью. Все это делает необходимым регулярные измерения данного показателя, а также определение конкретных для каждого пруда путей поступления нефтепродуктов с целью внедрения соответствующих инженерных, управленческих и иных мероприятий по снижению негативного воздействия объектов транспортной инфраструктуры на качество воды рекреационных объектов.

Авторами с использованием бутстрапа заложены основы программы наблюдений качества воды городских прудов с учётом сезонной динамики определяемых показателей и их приоритетности для городской среды. На основании анализа средних значений, доверительных интервалов и коэффициентов корреляции обоснована минимальная кратность анализа воды на содержание нефтепродуктов, аммония, нитритов и нитратов в течение года.

Литература

1. **Шабанова А.В.** О выборе стратегии управления городским водным объектом // Междунар. конф. "Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов". Тюмень, 2010. С. 307-309.

2. **Синицкий А.В., Захаров Е.В., Герасимов Ю.Л.** Современное экологическое состояние некоторых прудов г. Самары // Вестник СамГУ, Естественнонаучная серия; 2003 г.; второй спец. выпуск.

3. **Белозерова Р.Х., Шабанова А.В.** Эколого-аналитическая оценка состояния городских водоёмов Самары // Известия вузов. Сер. Биотехнология и прикладная химия. 2011. № 1. С. 135-139.

4. **Голубая** книга Самарской области: редкие и охраняемые гидробиоценозы / под ред. Г.С. Розенберга и С.В. Саксонова. Самара: СамНЦ РАН, 2007. 200 с.

5. **Shabanov V.A., Shabanova A.V.** The history of creation of recreation units in Samara // Life Science Journal. 2014. 11 (11s). Pp. 56-58.

6. **Герасимов Ю.Л.** Зоопланктон как компонент гидробиоценозов городских прудов. // Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия. 2007. № 8.

7. **Шабанова А.В.** Экологическое состояние городских рекреационных объектов в малоэтажной застройке г. Самары на примере посёлка Томашев Колок // Всеросс. науч.-практ. форум "Экология: синтез естественнонаучного, технического и гуманитарного знания". Саратов, 2012.