

Название журнала		<b>ВОДА: ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ</b>				
Издательство		Издательский дом "Вода: химия и экология"				
Год выпуска	2011	Том		Номер выпуска	2	
Название статьи		Страницы	Цит.			
<b>ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ</b>						
	<b>ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ РЯДА ВОДОХРАНИЛИЩ ЮЖНОГО УРАЛА</b> Нохрин Д.Ю., Грибовский Ю.Г., Давыдова Н.А.				2-8	2
	<b>ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ</b> Колесникова С.А., Бармин А.Н.				9-12	0
<b>ТЕХНОЛОГИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ И БЫТОВОЙ ОЧИСТКИ ВОД</b>						
	<b>ПРИМЕНЕНИЕ МЕРЦАЮЩЕГО СВЕТА ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ CHLORELLA SP. КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОКОВ И ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ</b> Мальцевская Н.В., Бирюков В.В.				13-17	1
	<b>ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЕ ВОДЫ С ЗАМКНУТЫМ ЦИКЛОМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ</b> Аверина Ю.М., Павлов Д.В., Вараксин С.О.				18-22	2
<b>НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОБЗОРЫ</b>						
	<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ РАСТВОРОВ</b> Голохваст К.С., Рыжаков Д.С., Чайка В.В., Гульков А.Н.				23-30	10
	<b>ОБЗОР ПАТЕНТОВ</b>				31-34	0
<b>ГИДРОБИОЛОГИЯ</b>						
	<b>ИЗУЧЕНИЕ СИМБИОТИЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК С ПОМОЩЬЮ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ АКВАРИУМНЫХ УСТАНОВОК</b> Глызин А.В., Глызина О.Ю., Любочко С.А.				35-40	3
<b>МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ</b>						
	<b>ОТМЫВ НЕФТЕШЛАМА КОМПОЗИЦИЯМИ ПАВ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ БИОДЕСТРУКЦИЕЙ НЕФТИ В ОТРАБОТАННОМ РАСТВОРЕ</b> Филатов Д.А., Сваровская Л.И., Алтунина Л.К.				41-46	1
	<b>ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ЛИВНЕВЫХ СТОЧНЫХ ВОД С УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СОРБЕНТОВ</b> В Дербишер Е.В., Овдиенко Е.В., Дербишер В.Е.				48-53	2
<b>ХИМИЯ ВОДЫ И ВОДНЫХ РАСТВОРОВ</b>						
	<b>СУТОЧНЫЕ ВАРИАЦИИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДЫ</b> Артамонов А.А., Цетлин В.В.				54-59	0
<b>АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ</b>						
	<b>МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОД</b> Авербух А.И., Розенталь О.М.				60-65	2
<b>SHORT COMMUNICATIONS</b>						
	<b>НОВЫЕ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ГЛИНЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА</b> Биккулова В.Ж., Латыпова Ф.М., Мухаметдинова Л.Х.				66-68	3
	<b>ВЕТРОВОЕ ВОЛНЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА В ГЛАВНОМ ПЛЕСЕ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА</b> Литвинов А.С., Кучай Л.А., Соколова Е.Н.				69-73	1



**МЕЖДУНАРОДНЫЕ ФОРУМЫ, КОНГРЕССЫ И КОНФЕРЕНЦИИ**

**74-77**

**0**

# ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ РЯДА ВОДОХРАНИЛИЩ ЮЖНОГО УРАЛА

**Капиллярно-электрофоретическим, атомно-абсорбционным спектрофотометрическим и химико-аналитическими методами изучен состав воды семи Южноуральских водохранилищ. С использованием графических методов (диаграмма Пайпера, цветовое ранжирование) выявлены общие закономерности и особенности водоёмов по 35 показателям состава воды.**

## Введение

**К**онтроль экологического состояния водохранилищ представляет особую сложность ввиду их многоцелевого использования и невозможен без знания основных закономерностей формирования естественного химического состава воды в местных геохимических условиях. Количество доступной информации по гидрохимии Южноуральских водохранилищ невелико: большая её часть не была опубликована и содержится в преимущественно утративших актуальность отчётах о НИР [1-3]. За последнее десятилетие в ходе работ по оценке экологического и ветеринарно-санитарного состояния рыбохозяйственных водоёмов в рамках исследовательской тематики ВНИИВСГЭ РАСХН (ОНТП 05.03.28) авторами был накоплен значительный материал по гидрохимическим особенностям ряда водохранилищ. Цель работы заключалась в обобщении полученной информации.

## Материалы и методы исследования

**О**bjectами исследования стали 7 водохранилищ Челябинской области. Долгобродское (ДВ, север области) – молодой и слабозагрязнённый водоём в стадии заполнения; Аргазинское (АВ) – наиболее крупное, находится в ближайшей зоне влияния Карабашского медеплавильного комбината и принимает воды, дренирующие его хвостохранилища; Шершнёвское (ШВ) – питьевой водоём г. Челябинска, расположен-

**Д.Ю. Нохрин\***,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Уральского филиала Государственного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института ветеринарной санитарии, гигиены и экологии Российской академии сельскохозяйственных наук (Уральский филиал ГНУ ВНИИВСГЭ РАСХН)

**Ю.Г. Грибовский,** доктор ветеринарных наук, директор Уральского филиала ГНУ ВНИИВСГЭ РАСХН

**Н.А. Давыдова,** соискатель, младший научный сотрудник Уральского филиала ГНУ ВНИИВСГЭ РАСХН



ный на его окраине, с повышенной техногенной и рекреационной нагрузками; Южноуральское (ЮУВ) и Троицкое (ТВ) – водохранилища-охладители ГРЭС, работающих на высокозольных углях; Верхнеуральское (ВУВ) – второй по величине водоём с минимальной техногенной нагрузкой; Магнитогорское водохранилище (МВ, юг области) – делит г. Магнитогорск на 2 части и включает Заводский пруд, принимающий разогретые технологические воды Магнитогорского металлургического комбината (ММК). Параметры водохранилищ приведены в *табл. 1*.

Пробы воды отбирались в 2000-2008 гг., в безлёдный период, преимущественно со среднего горизонта. Определение температуры и растворённого кислорода проводилось *in situ*. Анализ содержания главных ионов, соединений азота и фосфора, а также ионов  $F^-$ ,  $Li^+$ ,  $Str^{2+}$  и  $Ba^{2+}$  был проведен методом капиллярного электрофореза на системе «Капель 103-Р» (НПФАП «Люмэкс», Россия) по методикам [4-5]. Сбор данных, анализ полученных электрофореграмм и расчеты выполнены в пакете «МультиХром для Windows» (версии 1.5-1.52u, ЗАО «Амперсенд»). Щёлочность определялась титриметрией с метиловым оранжевым, окисляемость – перманганатным методом Кубеля, сероводород – реакцией со свинцово-уксус-

\* Адрес для корреспонденции: nokhrin8@mail.ru

ной бумагой [6], жёсткость и углекислый газ – расчётными методами [7]. Пробоподготовка для определения Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb проводилась методом сухой минерализации без предварительной фильтрации [8], анализ – на атомно-абсорбционном спектрофотометре «AAS-1» («Karl Zeiss Jena», Германия) в пламени смеси ацетилен-воздух или пропан-воздух.

Средние значения для элементов, содержащих цензурированные наблюдения (менее предела обнаружения) находили по робастному методу Хелсела в пакете UnCensor (v. 4.0). При интерпретации результатов анализа химического состава воды использовались значения предельно допустимых концентраций веществ в водоемах рыбохозяйственного значения (ПДК<sub>ВР</sub>) [9], а также диаграмма Пайпера, построенная в пакете GW\_Chart (v. 1.21).



## Результаты и их обсуждение

**Д**анные о составе воды изученных водохранилищ представлены в *табл. 2*.

Во всех водоемах вода была пресной (в ДВ – ультрапресной, в ТВ – с относительно повышенной минерализацией) и, за исключением ЮУВ, имела нейтральную или слабощелочную реакцию.

**Таблица 1**

Параметры семи Южноуральских водохранилищ

Показатели	Долгобродское	Аргазинское	Шершнёвское	Южноуральское	Троицкое	Верхнеуральское	Магнитогорское
Река	Уфа	Миасс	Миасс	Увелька	Увелька, Уй	Урал	Урал
Бассейн	Волга	Обь	Обь	Обь	Обь	Урал	Урал
Год создания	1989	1946	1969	1952	1960	1964	1937
Регулирование стока	многолет.	многолет.	сезонное	сезонное	сезонное	многолет.	сезонное
Тип	русловый	озёрный	озёрный	озёрный	русловый	озёрный	русловый
Каскад, № п/п	–	1	1	2	2	3	3
Положение в каскаде, № п/п	–	1	2	1	2	1	2
НПУ, м	366,0	274,5	224,5	201,0	161,0	382,0	351,0
Полный объём, млн. м <sup>3</sup>	333,0	966,1	157,0	71,6	45,1	601,0	174,0
Полезный объём, млн. м <sup>3</sup>	273,0	786,1	67,0	61,7	22,1	569,0	27,0
Площадь зеркала, км <sup>2</sup>	35,2	102	39,0	18,2	10,8	78,0	33,4
Длина, км	19	22	18	10	20	35	18
Ширина максимальная, км	2,2	11,6	4,0	2,2	0,78	4,0	2,2
Глубина максимальная, м	32	14,5	14	12	14	25	12
Глубина средняя, м	9,5	9,5	4,0	3,9	4,2	7,7	5,2
Наполнение, %	51	71–92	84,7–89,2	99,7–103	99,9–104	89–94	100,1–101

На *рис. 1* соотношение главных ионов изображено на диаграмме Пайпера.

Как видно из её правой части, все водоёмы сосредоточились в малом треугольнике гидрокарбонатных вод. Особенности анионного состава были повышенная доля  $\text{SO}_4^{2-}$  в ДВ и  $\text{Cl}^-$  в ТВ. В целом, разнообразие анионного состава обеспечивалось приблизительно равными долями изменчивости  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  при вдвое меньшей доле изменчивости  $\text{Cl}^-$ . В случае катионов 6 из 7 водоёмов демонстрировали смешанный (преимущественно кальциево-магниевый) состав и только в ДВ наблюдалось отчётливое преобла-

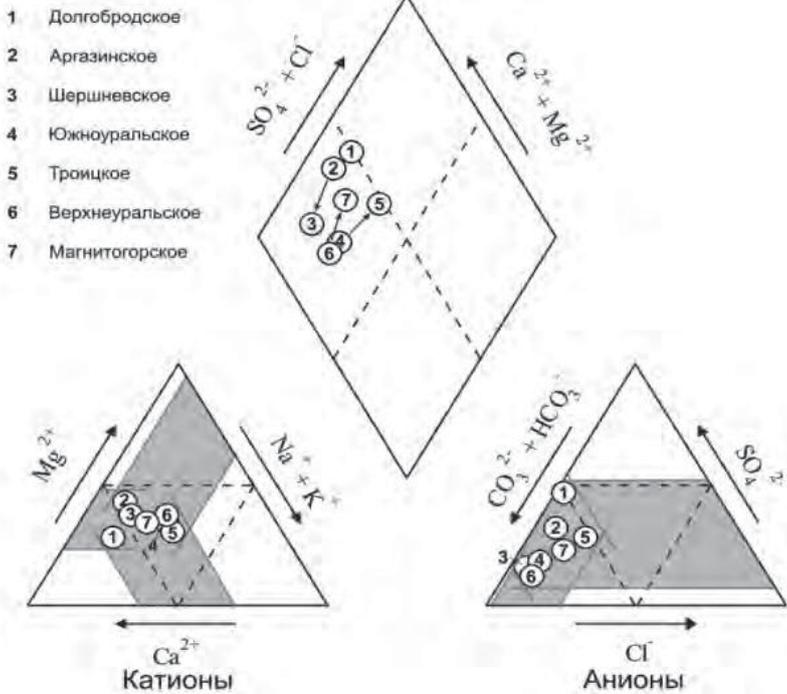
Таблица 2

Химический состав воды семи уральских водохранилищ

№ п/п	Показатели	Долго-бродское	Аргазин-ское	Шерш-нёвское	Южно-уральское	Троиц-кое	Верхне-уральское	Магнито-горское
<b>Период исследования, мес.; годы</b>		<b>2; 1</b>	<b>3; 2</b>	<b>5; 5</b>	<b>3; 3</b>	<b>3; 3</b>	<b>2; 1</b>	<b>1; 1</b>
Количество проб, шт.		18	20	36	21	22	15	10
<b>Общие</b>								
1	Водородный показатель (рН)	7,48	7,36	7,90	8,62	7,79	8,17	7,55
2	Щелочность общая, мг-экв/дм <sup>3</sup>	0,53	2,32	2,79	4,25	4,26	3,07	3,70
3	Жесткость общая, мг-экв/дм <sup>3</sup>	0,57	3,12	3,45	4,13	5,37	3,05	4,89
4	Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	52,0	248	303	435	573	311	437
<b>Главные ионы, мг/дм<sup>3</sup></b>								
5	Хлориды (Cl <sup>-</sup> )	0,67	8,6	7,4	17,8	53,8	12,7	30,2
6	Сульфаты (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	15,7	52,7	31,1	49,9	109,5	23,8	64,5
7	Гидрокарбонаты (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	21,5	124,0	186,7	239,7	251,2	195,3	220,6
8	Карбонаты (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	0,09	0,35	1,6	8,6	1,6	1,1	1,0
9	Калий (K <sup>+</sup> )	0,95	2,1	2,7	5,3	4,7	4,4	7,5
10	Натрий (Na <sup>+</sup> )	1,56	7,7	13,3	36,1	58,5	23,7	28,0
11	Магний (Mg <sup>2+</sup> )	2,28	18,3	18,9	24,7	30,1	18,9	26,1
12	Кальций (Ca <sup>2+</sup> )	7,63	32,4	38,4	42,6	57,9	30,0	55,1
<b>Биогенное (мг/дм<sup>3</sup>) и органическое вещество</b>								
13	Аммоний (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0,425	0,246	0,270	0,090	0,082	0,005	0,038
14	Нитриты (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0,088	0,258	0,092	0,430	0,956	0,024	0,146
15	Нитраты (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0,702	0,495	0,493	0,901	1,66	0,020	2,92
16	Гидрофосфаты (HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	0,419	0,514	0,895	2,93	1,84	0,039	0,400
17	Окисляемость, мгО/дм <sup>3</sup>	8,05	5,23	6,20	6,77	4,77	–	–
18	БПК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub>	–	3,75	3,96	3,24	3,45	–	3,33
<b>Растворенные газы, мг/дм<sup>3</sup></b>								
19	Кислород (O <sub>2</sub> )	–	7,75	7,56	6,64	7,66	7,72	5,66
20	Углекислый газ (CO <sub>2</sub> )	2,0	14,1	7,1	2,9	14,1	4,9	15,2
21	Сероводород (H <sub>2</sub> S)	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
<b>Микроэлементы и тяжелые металлы, мкг/дм<sup>3</sup></b>								
22	Литий (Li <sup>+</sup> )	13,8	55,1	~ 11,3	20,9	34,4	–	5,3
23	Фтор (F <sup>-</sup> )	125	834	569	435	1006	–	665
24	Хром (Cr)	< 15	< 24,7	< 19,2	100	~ 32,9	–	< 5
25	Марганец (Mn)	41,8	41,4	41,8	49,7	39,3	35,4	50,1
26	Железо (Fe)	224	363	368	743	441	183	162
27	Кобальт (Co)	< 6,1	~ 4,3	~ 1,7	2,8	11,7	7,0	< 2
28	Никель (Ni)	8,7	32,8	9,0	6,3	~ 32,5	12,6	< 3
29	Медь (Cu)	13,1	25,4	21,7	22,1	23,9	30,3	5,6
30	Цинк (Zn)	10,8	16,9	95,5	47,3	182	68,1	23,0
31	Мышьяк (As)	–	–	–	18,3	2,32	–	–
32	Стронций (Sr <sup>2+</sup> )	42,1	138	228	312	388	–	128
33	Кадмий (Cd)	< 1,9	~ 3,3	< 2,1	1,8	< 1,5	–	< 1
34	Барий (Ba <sup>2+</sup> )	53,0	37,5	57,2	183	79,5	–	78,7
35	Свинец (Pb)	< 4,5	~ 5,0	< 3,7	30,3	10,2	58,6	< 3

Примечание. Выделены значения, превышающие ПДК<sub>вр</sub>. «~» приблизительные средние значения для элементов, содержащих значительную долю цензурированных наблюдений. «-» определения не проводились.





**Рис. 1.** Соотношения главных ионов в составе воды Южноуральских водохранилищ на диаграмме Пайпера. Серым отмечены границы варьирования. Малые стрелки указывают направления изменения состава воды в каскадах.

ние эквивалентной концентрации  $\text{Ca}^{2+}$ . В ТВ отмечался почти полный баланс основных щелочных и щелочноземельных элементов: процентное соотношение эквивалентного содержания  $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+} : \text{Na}^+ + \text{K}^+$  составило 36,5 : 31,4 : 32,1. Разнообразие катионного состава водоёмов обеспечивалось приблизительно равными долями изменчивости  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  при несколько

меньшей доле изменчивости  $\text{Mg}^{2+}$ . На общем поле диаграммы все изученные водоёмы попали в ромб гидрокарбонатно-кальциевых и гидрокарбонатно-магниевых вод. Соотношение главных ионов в каскадах водохранилищ изменялось разнонаправлено (рис. 1), но преимущественно за счёт анионов, при относительном постоянстве соотношения катионов.

Как видно из табл. 2, по общим показателям и главным ионам только в двух случаях наблюдались превышения ПДК<sub>вр</sub>. Напротив, по нитратам, фосфатам и БПК во всех мезосапробных водоёмах, кроме приближающегося к олигосапробному ВУВ, наблюдалась неблагоприятная ситуация. Низкая концентрация кислорода была отмечена только в МВ. Из микроэлементов наблюдалось тотальное превышение ПДК по Mn, Fe, Cu и Zn, в отдельных случаях – по Pb, Ni, Co, F<sup>-</sup>. Анализ превышений ПДК<sub>вр</sub> позволил выявить две особенности рассматриваемых водоёмов. 1) Известную для всех водохранилищ напряжённость процессов преобразования органического вещества и 2) геохимические особенности Уральского региона, проявляющиеся в повышенном естественном фоне металлов.

В попытке обобщить информацию табл. 2 был использован простейший графический приём – раскраска цветами. Для этого водоёмы были ранжированы по каждому показателю от минимума (белый цвет) через промежуточные значения (оттенки серого) и до максимума (чёрный цвет). Полученное таким образом изображение представлено на рис. 2.



Показатели	Долго-бродское	Арга-зинское	Шерш-нёвское	Южно-ураль-ское	Троиц-кое	Верхне-ураль-ское	Магни-тогор-ское
Каскад	—	1		2		3	
Положение в каскаде	—	1	2	1	2	1	2
<i>Общие</i>							
рН							
Щелочность							
Жесткость							
Минерализация							
<i>Главные ионы</i>							
СГ							
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>							
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>							
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>							
K <sup>+</sup>							
Na <sup>+</sup>							
Mg <sup>2+</sup>							
Ca <sup>2+</sup>							
<i>Биогенное и органическое вещество</i>							
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>							
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>							
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>							
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>							
Окисляемость						—	—
БПК <sub>5</sub>	—					—	
<i>Растворенные газы</i>							
O <sub>2</sub>	—						
CO <sub>2</sub>							
<i>Микроэлементы и тяжелые металлы</i>							
Li <sup>+</sup>						—	
F <sup>-</sup>						—	
Cr						—	
Mn							
Fe							
Co							
Ni							
Cu							
Zn							
Sr <sup>2+</sup>						—	
Cd						—	
Ba <sup>2+</sup>						—	
Pb							

**Рис.2.** Ранжирование водоёмов по величине показателя: минимум – белый цвет, максимум – чёрный цвет.

*Общие показатели и главные ионы*

Наименьшие концентрации главных ионов, а равно и жесткости, и общей минерализации были обнаружены в ДВ, расположенном в горно-лесной природной зоне, и в АВ, расположенном на границе горно-лесной и лесостепной зон. Наиболее минерализованными были воды водохранилищ степной зоны: МВ

и ТВ. Во всех трёх каскадах наблюдался рост минерализации от первого водоёма ко второму: в паре АВ-ШВ он составил 22 %, в ЮУВ-ТВ – 32 %, в ВУВ-МВ – 41 %. В двух последних случаях вероятен техногенный вклад в минерализацию за счёт испарения разогретых вод, поступающих с Троицкой ГРЭС и ММК.

*Биогенное и органическое вещество*

По концентрации NH<sub>4</sub><sup>+</sup> и окисляемости закономерно выделялось молодое ДВ. Кон-

центрация  $\text{NO}_2^-$  была высока в водохранилищах ГРЭС на р. Увельке, она в 5-12 раз (в отдельных пробах до 60 раз) превышала ПДК. Не исключено, что этому способствует тепловое загрязнение данных водоёмов, приводящее к дефициту кислорода, и, возможно, к замедлению окисления аммонийного азота до нитратов и его накоплению в форме токсичного и мутагенного нитрит-иона. Эти же объекты выделялись высокой концентрацией фосфатов. Биохимическое потребление кислорода было относительно высоким в водохранилищах р. Миасс и отражает общие для данной реки проблемы санитарного качества воды, связанные с густотой расположенных вдоль неё населённых пунктов [10].

#### *Растворённые газы*

Неблагоприятный газовый режим отмечался, главным образом, в водоёмах, принимающих разогретые технологические воды предприятий: МВ и ЮУВ. В ТВ участки с низкими концентрациями кислорода (до  $5,5 \text{ мг/дм}^3$ ) вблизи водовыпусков ГРЭС перемежаются с наветренными проточными участками русла (свыше  $10 \text{ мг/дм}^3$ ), что обеспечивает, в среднем, приемлемые его уровни. Сероводород обнаружен не был.

#### *Микроэлементы и тяжёлые металлы*

Максимальная концентрация микроэлементов отмечалась в ЮУВ и ТВ, что должно быть связано, в первую очередь, с особенностями реки Увелька, поскольку загрязнение от деятельности ГРЭС характеризуется иным спектром элементов [11]. Минимальные концентрации микроэлементов были характерны

#### **Ключевые слова:**

водохранилища,  
вода,  
химический состав

для ДВ и МВ, а промежуточное положение занимали АВ, ШВ и ВУВ. В целом прослеживается закономерность, что наибольшие концентрации элемента отмечаются в водоёмах, где этот элемент имеет естественное, а не техногенное происхождение. Исключениями являются автотранспортный (рекреационный) Cd в АВ и, возможно, Zn в ТВ и Сг в ЮУВ.

#### **Заключение**

**В**ажно отметить, что результаты ранжирования водоёмов по металлам противостоят как имеющимся сведениям о величине техногенной нагрузки, так и данным о накоплении этих же элементов в донных отложениях [11]. Это может быть результатом малой растворимости техногенных носителей металлов (металлическая окалина, зольные и шлаковые частицы, силикатные микросферы с вкраплениями рудных фаз) и должно учитываться при оценке микроэлементной нагрузки на водоёмы.

#### **Литература**

1. Изучить и разработать мероприятия по предотвращению влияния антропогенного фактора на экосистемы водоёмов Южного Урала: Отчёт о НИР / Уральский НИИ комплексного использования и охраны водных ресурсов. 5.1.Т-4А. Руководитель: Кривопалова З.Ф. Челябинск, 1982. 108 с.
2. Разработать мероприятия по улучшению качества воды Южноуральского водохранилища и устранению помех в водоснабже-



нии: Отчет о НИР / Южно-Урал. фил-л РосНИИВХ. Руководитель: Абрамова Т.Н. Челябинск, 1992. 98 с.

3. Совместная программа управления реками. Отчет по бассейну р. Тобол: Отчёт о НИР (промежуточ.) / Mott MacDonald, Arcadis Euroconsult и Программа по водному законодательству и политике. Руководители: Якоб Й.А., Уорен С. Челябинск, 2003. 96 с.

4. Методика выполнения измерения массовой концентрации катионов цезия, калия, натрия, лития, магния, кальция, стронция и бария в пробах природных, питьевых и сточных вод и катионов аммония в пробах сточных вод с использованием системы капиллярного электрофореза "Капель": М 01-31-99. СПб: ООО "Люмэкс", 1999. 34 с.

5. Методика выполнения измерения массовых концентраций хлорид-ионов, нитрит-ионов, сульфат-ионов, нитрат-ионов, фторид-ионов и фосфат-ионов в пробах природной, питьевой и сточной вод с применением системы капиллярного электрофореза "Капель": ПНД Ф 14.1:2:4.157-99. М.: Гос. ком. по охране окруж. среды, 1999. 34 с.

6. Новиков Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов / Ю.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина // М.: Медицина, 1990. 400 с.

7. Алекин О.А. Руководство по химическому анализу вод суши / О.А. Алекин, А.Д. Семей-



нов, Б.А. Скопинцев // Л.: Гидрометеиздат, 1989. 351 с.

8. Методические указания по атомно-абсорбционным методам определения токсичных элементов в пищевых продуктах и пищевом сырье. М.: Гос. ком. санэпид. надзора РФ, 1992. 27 с.

9. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: ВНИРО, 1999. 304 с.

10. Арсентьева Н.Ю. Микробиологическая характеристика экологического состояния реки Миасс и ее водохранилищ / Н.Ю. Арсентьева, Д.Ю. Нохрин, Ю.Г. Грибовский // Вестник Челябинского гос. ун-та. Сер.: Экология. Природопользование. 2010. Вып. 4, № 8 (189). С. 52-58.

11. Нохрин Д.Ю. Подходы к идентификации происхождения тяжелых металлов в донных отложениях и проблемы нормирования на примере двух Уральских водохранилищ ГРЭС / Д.Ю. Нохрин, Ю.Г. Грибовский, Н.А. Давыдова // Водные ресурсы. 2008. 35, № 5. С. 566-573.



D. Yu. Nokhrin, Yu.G. Gribovskiy, N.A. Davydova

## CHEMICAL COMPOSITION OF WATER FOR SOUTHERN URALS RESERVOIRS

Capillary-electrophoretic, atomic absorption, spectrophotometric and analytical analyses were used for water composition determination for Southern Urals reservoirs. With

graphical approach (Payper's diagram, colour ranking) general regularities in water composition were shown, with 35 criteria used.

**Key words:** water reservoirs, water, chemical composition



# ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

## загрязнения подземных вод на территории

# АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

**В статье рассматривается техногенное воздействие на подземные воды северной части Астраханской области.**

**Приводятся основные водоносные горизонты данной территории. Рассматриваются объекты, оказывающие воздействие на подземные воды. Приводятся концентрации веществ в пробах подземных вод, взятых из скважин наблюдательной сети.**

### Введение

**А**страханская область расположена на юго-востоке Европейской части России и занимает северо-западную часть Прикаспийской низменности, Волго-Ахтубинскую долину и дельту р. Волги [3].

Гидрография на территории Астраханской области представлена крупнейшей рекой России – Волгой с ее многочисленными рукавами, которые образуют сложную систему пойменных и дельтовых протоков, а также ериками, пресными и солеными озерами и крупнейшим замкнутым водоемом нашей планеты – Каспийским морем [1].

Астраханская область в гидрогеологическом отношении принадлежит к Восточно-Европейскому региону, Прикаспийскому артезианскому бассейну I порядка, Северо-Каспийскому артезианскому бассейну II порядка, за исключением ее юго-западной части, которая относится к Скифскому региону, Предкавказскому артезианскому бассейну I порядка, Западно-Каспийскому артезианскому бассейну II порядка.

Прикаспийская провинция приурочена к одноименной Прикаспийской впадине, для которой характерны большая мощность осадочных образований, наличие подземных вод преимущественно застойного характера с высокой степенью минерализации (3-10 г/дм<sup>3</sup> и более). Пресные и слабосоленоватые воды развиты в пределах Волго-Ахтубинской

поймы и северной части области и в виде линз на остальной территории.

На территории области выделяются следующие водоносные горизонты:

1. Водоносный современный аллювиальный горизонт (аН) – Волго-Ахтубинская пойма
2. Водоносный хвалынский – современный аллювиально-морской горизонт (amIIIhv-H) – дельта р. Волги
3. Водоносный хвалынский – современный озерно-аллювиальный горизонт (laIIIhv-H) – западные подстепные ильмени
4. Водоносный хазарско-хвалынский аллювиально-морской горизонт (amII-IIIhz-hv) – аккумулятивная морская равнина хвалынского возраста
5. Водоносный хазарско-хвалынский морской горизонт (mII-IIIhz-hv) – аккумулятивная морская равнина хвалынского возраста
6. Относительно водоносный бакинский морской горизонт (mIbk)
7. Водоносный апшеронский морской комплекс (mEap) [2].

Основными эксплуатационными водоносными горизонтами и комплексами являются:

- ◆ водоносный современный аллювиальный горизонт (аН)
- ◆ водоносный хазарско-хвалынский аллювиально-морской горизонт (amII – IIIhz-hv)
- ◆ относительно водоносный бакинский морской горизонт (mIbk)
- ◆ водоносный апшеронский морской комплекс (mEap).

Подземные воды аллювиальных отложений Волго-Ахтубинской поймы используются для водоснабжения населения в северной и центральной частях области. Пресные и слабосоленоватые воды хазарско-хвалынских отложений используются в степной части территории области. Подземные воды минерализованных хазарских, бакинских и апше-

**С.А. Колесникова\***,

аспирант геолого-географического факультета Астраханского государственного университета

**А.Н. Бармин,**

доктор географических наук, профессор, декан геолого-географического факультета Астраханского государственного университета

\* Адрес для корреспонденции: kolesnikova-s@bk.ru

ронских отложений используются для производственно-технического водоснабжения при бурении глубоких скважин на нефть и газ. Территория Астраханской области, с точки зрения защищенности подземных вод от источников загрязнения, относится к незащищенным. Волго–Ахтубинская пойма и дельта р. Волги имеют наименьшую степень защищенности. Площади с наилучшей категорией защищенности сосредоточены преимущественно на территории Ахтубинского района [3].

На территории Астраханской области источниками загрязнения подземных вод являются: места накопления сточных вод (пруды-накопители, шламо-хранилища, очистные сооружения), участки складирования твердых отходов, места хранения нефтепродуктов, поля фильтрации и др.

Наиболее значительными источниками загрязнения почв, зоны аэрации и грунтовых вод являются полигоны и свалки твердых бытовых отходов (ТБО). Утилизация отходов на свалках производится без выполнения минимума санитарных требований, нарушается технология утилизации, не проводится мониторинг влияния мест утилизации ТБО на окружающую среду и т.д. Техногенное загрязнение подземных вод тесно взаимосвязано с загрязнением окружающей природной среды, в том числе почвогрунтов зоны аэрации, поверхностных вод. Необходимо комплексно подходить к вопросу о защите подземных вод от загрязнения. Регулярно проводить мониторинг подземных вод, ликвидировать несанкционированные свалки ТБО, для предотвращения негативных последствий для окружающей природной среды и здоровья населения.

Целью работы является изучение влияния техногенных объектов на подземные воды Астраханской области.

#### Ключевые слова:

подземные воды,  
мониторинг,  
загрязнение,  
водоносные  
горизонты,  
наблюдательная сеть

#### Материалы и методы исследования

Для написания данной статьи использовались материалы ФГУ ГП «ВОЛГА-ГЕОЛОГИЯ» Приволжской гидрогеологической экспедиции, проводился анализ фондовой литературы, также использовались материалы к государственному докладу о состоянии окружающей среды по Астраханской области.

#### Результаты и их обсуждение

На территории Астраханской области на 01.01.2009 г. выявлено 62 источника загрязнения геологической среды. Источниками загрязнения являются места накопления сточных вод, поля фильтрации и др. [1].

Мониторинг состояния подземных вод на территории Астраханской области осуществляет Приволжская гидрогеологическая экспедиция. За период 2009 г. Приволжской гидрогеологической экспедицией проводилось ведение мониторинга состояния подземных вод на локальных участках загрязнения подземных вод по следующим техногенным объектам.

*Полигон ТБО г. Знаменска.* На полигоне ТБО г. Знаменска наблюдательная сеть оборудована на первом от поверхности водоносном горизонте хвалыньских отложений и состоит из трех скважин, расположенных по потоку в сторону Волго-Ахтубинской поймы. Наибольшие концентрации загрязняющих веществ отмечены по скважинам № 2 и № 3. Во второй скважине, расположенной в центре городской свалки, выявлено превышение предельно-допустимых концентраций (ПДК) по следующим компонентам: ионы аммония (29,8 ПДК), барий (2,5 ПДК), марганец (64,3 ПДК), железо общее (1523 ПДК), нефтепродукты (7,7 ПДК), фенолы (28 ПДК). От городской свалки загрязняющие компоненты распространяются по потоку в южном направлении к скважине № 3, где также обнаружены загрязняющие вещества: ионы аммония (6,9 ПДК), литий (2,8 ПДК), марганец (111 ПДК), железо общее (6340 ПДК), нефтепродукты (3,1 ПДК). По сравнению с 2008 г. наблюдается увеличение концентрации загрязняющих компонентов. В пробах воды по скважине № 1 загрязняющих компонентов намного меньше, чем в предыдущих скважинах. Однако превышение ПДК сохраняется также по ионам аммония (7,1 ПДК), марганцу (3,2 ПДК), железу общему (35 ПДК), нефтепродуктам (93,7 ПДК), фенолам (332 ПДК) [4].



КОС и поля фильтрации, подведомственные МП «Центржилкомхоз» г. Ахтубинска. Расположены в 3,0 км от г. Ахтубинска и являются основным сооружением для отвода сточных вод города. Общая площадь полей фильтрации и испарения составляет 25,0 км и состоит из 8 карт. На момент обследования 6 карт находились в рабочем состоянии, 2 карты были сухими. КОС не работает, поэтому сброс стоков производится прямо на поля фильтрации. Наблюдательная сеть состоит из 7 скважин, находящихся в неудовлетворительном техническом состоянии. Мониторинг по ним не проводится. Поля фильтрации являются загрязнителем хазарско-хвалынского водоносного горизонта пресных вод. По результатам химических исследований проб воды, отобранных из двух скважин, установлено превышение ПДК по ионам аммония от 5,1 ПДК (скв. 10) до 5,5 ПДК (скв. 1), и по фенолам от 11 ПДК (скв. 1) до 22 ПДК (скв. 10).

Нефтебаза «Ахтубинская» расположена на юго-восточной окраине г. Ахтубинска. Общая площадь базы составляет 2,0 га. Реализация нефтепродуктов осуществляется из 4 емкостей объемом по 500 м<sup>3</sup>. Емкости наземные, при визуальном осмотре утечки нефтепродуктов не установлено. В рабочем состоянии находится только одна наблюдательная скважина, вторая вышла из строя. Скважина № 1 расположена в 30 м юго-восток от емкостей, внутри территории. Статический уровень составил 2,79 м. Отобрана проба воды. Обнаружено превышение ПДК по окисляемости перманганатной 12,5 ПДК и нефтепродуктам 4,3 ПДК [2].

Кос и поля фильтрации, подведомственные В/ч 01644. Участок работ расположен в 1,0 км на ВЮ-В от ст. Ашулук Харабалинского района. Ближайший поверхностный водоток – р. Ашулук протекает в 5,0 км на запад от данного объекта.

Основными загрязняющими компонентами на территории объекта являются нефтепродукты и фенолы.

Лабораторное испытание ПВ из скважин показало превышение ПДК по следующим компонентам:

- ♦ ионам аммония от 1,67 (скв. № 4) до 3,97 раз (скв. № 1)
- ♦ марганцу от 4,4 (скв. № 3) до 23,9 раз (скв. № 4)
- ♦ фенолам от 4,0 (скв. № 2) до 40 раз (скв. № 3)
- ♦ нефтепродуктам от 1,2 (скв. № 1) до 3,2 раз (скв. № 4) [3].

Превышение ПДК на рассматриваемых техногенных объектах отмечается по ионам аммония, фенолам, марганцу, железу.



Данные загрязняющие вещества попадают в подземные воды через почву, оказывая негативное воздействие как на почву, так и на подземные воды. Водоснабжение населения Астраханской области осуществляется за счет поверхностных и подземных вод. Практическое значение для хозяйственно-питьевого водоснабжения имеют пресные и слабосолоноватые подземные воды современных аллювиальных и хазарско-хвалынских аллювиально-морских отложений. Они используются в поселках, на фермах и полевых станах, значительно удаленных (до 15-40 км) от поверхностных водотоков. Все выше перечисленные загрязняющие вещества, попадая в подземные воды аллювиальных и хазарско-хвалынских отложений, представляют угрозу для здоровья населения. Так, например, фенол и его производные без труда попадают в организм человека. Чем выше концентрация фенола в крови, тем сильнее его неблагоприятное влияние на здоровье человека.

Все растворимые в воде соединения бария высоко токсичны. Марганец, как и другие тяжелые металлы, способен накапливаться в организме человека, вызывая тяжелые отравления. Соединения железа почти всегда присутствуют в природных водах. Они присутствуют в воде в растворенной, коллоидной и нерастворенной форме. Повышенное содержание в питьевой воде более 1 мг/дм<sup>3</sup> железа ухудшает качество воды и возможность ее использования для пищевых целей. Слишком высокое содержание железа в пищевом рационе может вызывать многочисленные неблагоприятные последствия для организма.

## Заключение

С каждым годом с развитием промышленности, интенсификацией сельского хозяйства растет техногенная нагрузка на природные условия Астраханской области и непосредственно на Волго-Ахтубинскую пойму. По типу экологической ситуации в России этот регион относится к катастрофическому. На фоне все возрастающей техногенной нагрузки состояние мониторинга подземных вод неудовлетворительно. На всей территории области гидродинамические наблюдения ведутся по 11 скважинам, а гидрохимические – по семи скважинам государственной опорной сети. Гидрохимические наблюдения проводятся только в степной части области для водоносного хазарского-хвалынского горизонта. Наблюдения за качеством подземных вод

Волго-Ахтубинской поймы и дельты р. Волги с 2005 г. не ведутся [5].

Основную техногенную нагрузку на подземные воды оказывают следующие факторы:

- отбор подземных вод
- загрязнение подземных вод
- разработка месторождений полезных ископаемых.

Основными проблемами, связанными с использованием подземных вод для питьевого и технического водоснабжения являются:

- техногенное загрязнение подземных вод
- при наличии подготовленных к эксплуатации месторождений подземных вод последние не используются.

В целях рационального использования и охраны питьевых и технических вод необходимо вести строгий контроль использования подземных вод, который включает в себя следующие мероприятия:

- соблюдение водопользователями лицензионных соглашений
- ведение мониторинга за подземными водами в процессе водоотбора
- контроль бурения водозаборных скважин
- оборудование наблюдательной сети скважин на всех источниках загрязнения

Для предотвращения загрязнения подземных вод на данных объектах необходимо принимать следующие меры:

- проводить плановый ремонт и следить за состоянием канализационно-очистных сооружений
- следить за состоянием наземных емкостей для хранения нефтепродуктов для избежания утечек углеводородов
- расширить наблюдательную сеть
- ежеквартально проводить мониторинг состояния подземных вод территории области
- следить за состоянием, а при необходимости проводить ремонтные работы наблюдательных скважин
- ввод в эксплуатацию подготовленных к освоению месторождений



- выявление и учет бездействующих и самоизливающихся скважин, как путей проникновения загрязняющих веществ в водоносные горизонты.

### Литература

1. Информационный геологический отчет по « Ведению государственного мониторинга состояния недр территории Астраханской области» / ФГУ ГП «ВОЛГАГЕОЛОГИЯ» Приволжская гидрогеологическая экспедиция; инв. № 2262. Отв. исп. Богатова Н.М., 2009. 55 с.
2. Отчет «Геологическое доизучение, гидрогеологическая съемка с экологическими исследованиями в пределах L-39-ХIII и L-38-ХVIII» / ФГУ ГП «ВОЛГАГЕОЛОГИЯ» Приволжская гидрогеологическая экспедиция; № ГР 62-95-1/3; инв. № 1760. Исполнители Н.М. Богатова, О.В. Симонова, Е.В. Титова, М.Е. Лисицкая, В 2 т. 2002. Т 1. 171 с.
3. Информационный геологический отчет о результатах и объемах работ, выполненных за 2008 год по «Ведению государственного мониторинга состояния недр территории Астраханской области» / ФГУ ГП «ВОЛГАГЕОЛОГИЯ» Приволжская гидрогеологическая экспедиция; инв. № 2250. Отв. исп. Второва Ю.В. 2008. 61 с.
4. Пилипенко В.Н. Природа, прошлое и современность Астраханского края / Пилипенко В.Н., Липчанский А.М., Бесчетнова Э.И. // Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2008. 452 с.
5. Материалы к государственному докладу о состоянии окружающей природной среды РФ по Астраханской области за 2009 год / Управления Росприроднадзора по Астраханской области по АО, Отв. исп.: Хара-Лемайтре Н.М. 2009. 42 с.



S.A. Kolesnikova, A.N. Barmin

## UNDERGROUND WATER POLLUTION IN ASTRAKHAN REGION. ENVIRONMENTAL POINT

Anthropogenic impact on the underground waters in the north part of the Astrakhan Region have been analyzed in the paper. Main water-bearing layers and polluting

objects have been described. Underground water samples taken from observation well have been analyzed, polluting substance concentrations have been represented.

**Key words:** underground waters, monitoring, pollution, water layer, observation well

# Применение мерцающего света при культивировании *Chlorella sp.* как способ СНИЖЕНИЯ энергозатрат ПРИ ОЧИСТКЕ СТОКОВ И ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ

**Исследована возможность культивирования микроводорослей с применением мерцающего освещения, осуществляемого с помощью светодиодов с генератором импульсов. Показано, что использование мерцающего света может снизить затраты электроэнергии на получение готового продукта в несколько раз, что позволит реально утилизировать парниковые газы – выбросы тепловых электростанций и другие организованные выбросы CO<sub>2</sub>, а также практиковать биологическую реабилитацию стоков путём их альголизации.**

## Введение

**Ф**ототрофные микроводоросли в процессе фотосинтеза ассимилируют углекислый газ под действием света. Микроводоросли обладают высокой продуктивностью, имеют относительно простую схему культивирования и поэтому всё большее количество отраслей промышленности используют биомассу микроводорослей и их метаболиты в качестве сырья (в пищевой промышленности, в сельском хозяйстве, в химической промышленности, в биоэнергетике и в сфере защиты окружающей среды). Одной из наиболее распространённых является зелёная микроводоросль *Chlorella sp.* [1, 6, 11]. Весьма существенны аспекты промышленного культивирования *Chlorella sp.* с целью создания на этой основе новой технологии получения препаратов для тонкой химии, медицины, парфюмерии, сельского хозяйства, а также ферментов и других биологически активных веществ. Эту водоросль можно применять также для регенерации воздуха в замкнутых биологических системах жизнеобеспечения, для очистки сточных вод и для создания циклических систем замкнутого водопользования [4].

**Н.В. Мальцевская\***,  
аспирант  
Московского  
государственного  
университета  
инженерной экологии  
Московского  
государственного  
университета  
инженерной экологии  
(МГУИЭ)

**В.В. Бирюков**,  
доктор технических  
наук, профессор,  
зав. кафедрой  
Экологической  
и промышленной  
биотехнологии  
Московского  
государственного  
университета  
инженерной экологии  
(МГУИЭ)



В настоящее время очистка сточных вод основывается на деятельности бактерий. Углекислый газ – продукт жизнедеятельности бактерий – выделяется в воздух, т.е. ныне существующие очистные сооружения являются потребителями кислорода и загрязнителями воздуха углекислым газом. В середине XX века были проведены разработки по очистке сточных вод культивированием в них различных видов водорослей. Культивирование водорослей способствовало очистке сточных вод от патогенной микрофлоры [3]. Выявлено также бактериостатическое действие *Chlorella sp.* на микрофлору сточной воды животноводческого комплекса. Рост водорослей сопровождается также снижением в воде аммиачного азота и минерального фосфора. Таким образом, в водоёмы должна сбрасываться не просто очищенная вода, а вода, прошедшая биологическую реабилитацию. Одним из возможных методов

\* Адрес для корреспонденции: maltsevskaya@yandex.ru

биологической реабилитации (повышение эффективности восстановления загрязнённой воды) является альголизация штаммами *Chlorella sp.* [4].

Однако масштабное культивирование *Chlorella sp.* лимитировано энергией, затрачиваемой на производство единицы готовой продукции [11]. Данная проблема актуальна, главным образом, для искусственных систем. Эта энергия расходуется на перемешивание, аэрацию и освещение. Наибольшие затраты приходится на освещение.

Свет, излучаемый осветителем, должен использоваться наиболее эффективно [9]. Эффективность можно повысить, снижая потери электроэнергии на нагрев окружающей среды, на «паразитную» засветку (когда излучение от источника не полностью направлено на потребителя). В настоящей статье рассмотрен ещё один возможный вариант снижения энергозатрат. При этом надо иметь в виду, что опыты, описанные в статье, носят лишь предварительный характер. В перспективе требуется проведение более масштабных исследований.

**Теоретические предпосылки.** Известно, что процесс фотосинтеза проходит в две фазы – световую и темновую. По литературным источникам, длительность этих фаз составляет порядка 0,00001 с и 0,01 с, соответственно [5, 10]. Предполагается, что в процессе темновой фазы свет не требуется, поэтому постоянное освещение может быть излишним. Ранее это было показано с использованием обтюраторов для создания прерывистого освещения [7]. Такое освещение, предположительно, позволит синхронизировать чередование световой и темновой фаз всей культуры. Отсюда вытекает очевидный практический вывод – использовать мерцающее освещение с интервалами, соответствующими длительности световой и темновой фазы фотосинтеза. Теоретически при этом можно было бы получить 1000-кратную экономию энергии.



**Ключевые слова:**

микроводоросли,  
мерцающий свет,  
снижение  
энергозатрат,  
светодиодные  
источники света

Воплощение этой идеи наталкивается на технические условия реализации микроимпульсного освещения (с указанной выше длительностью импульсов), недостижимой для большинства традиционных источников света. Техническая реализация подобных систем в предыдущие десятилетия была затруднительна.

Возможно, конечно, использовать для электрического питания осветительных приборов генератор импульсов. Однако ввиду своих технических характеристик, стандартные осветительные устройства обладают некоторой инерционностью зажигания. Это не даёт возможность транслировать чередование с указанной выше частотой электрических импульсов в импульсы света. В связи с этим эта очевидная идея не получила практического воплощения.

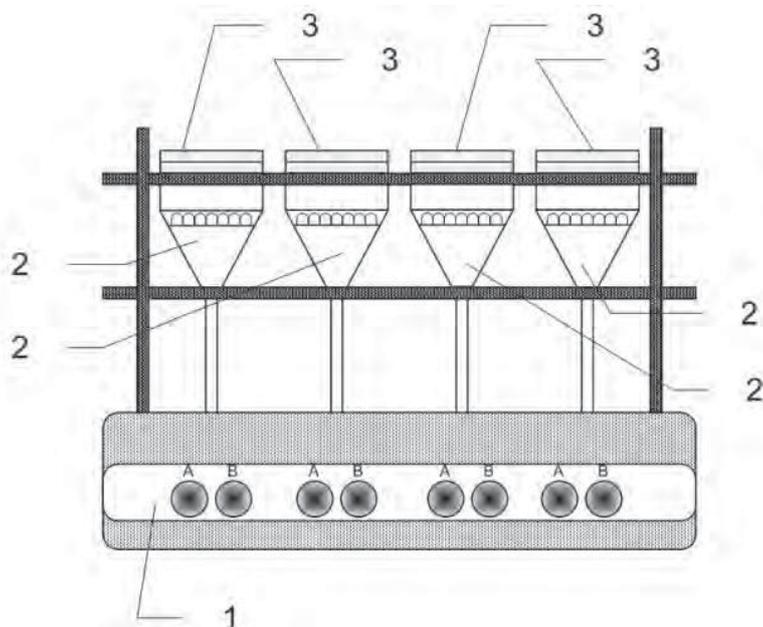
В настоящее время всё более широкое распространение получают светодиодные источники света, которые кроме высокого КПД и отсутствия «паразитной засветки» имеют практически нулевую инерционность и могут реализовать импульсное освещение с нужными параметрами [8].

## Материалы и методы исследования

**Н**ами предпринята попытка практически проверить целесообразные режимы освещения в процессах культивирования *Chlorella sp.* с чередованием постоянного («дневного») и импульсного («ночного») освещения. Длительность «ночного периода» варьировали на трёх уровнях – 12, 14, 16 часов. Длительность «ночного периода» выбрана в соответствии с максимальной длительностью тёмного времени суток в зависимости от времени года. Например, для Московского региона (около 54 °с.ш.) в зимние месяцы, когда продолжительность светового дня минимальна, «ночной период» составляет в среднем 15,7 часа в сутки.

Для мерцающего освещения использовали светодиодные источники света, обеспечивающие малую инерционность зажигания и затухания светового импульса в сочетании со специально сконструированным генератором импульсов. При этом длительность импульса света составляла 0,001 с, а длительность интервала между импульсами – 0,01 с.

Объектом для исследований была выбрана культура *Chlorella sp.* Относительно простая организация, большая скорость размножения, возможность культивирования в полностью контролируемых условиях, высокая пластичность метаболизма давно сделали



**Рис. 1.** Экспериментальная установка. 1 – генератор импульсов с возможностью регулирования частоты (А) и длительности импульса (В); 2 – светодиодная лампа с рефлектором; 3 – чашка Петри с питательной средой и биомассой микроводорослей.

хлореллу классическим объектом для изучения процесса фотосинтеза [4]. Культивирование проводили в чашках Петри на агаризированной среде Тамия [6] в течение 10 суток на специальной установке при температуре +25 °С. Прирост биомассы микроводорослей определяли фотоколориметрированием суспензии, полученной после смыва биомассы с поверхностного слоя питательной среды в чашках Петри.

Экспериментальная установка (рис.1) представляет собой вертикальную стойку с полками, расположенными на двух уровнях, друг под другом.

На верхней полке располагают в специальных сквозных нишах-отверстиях чашки Петри. Подсветка осуществляется снизу. На нижней полке установлены светодиодные лампы с рефлектором. Каждая лампа содержит 12 светоизлучающих диодов белого цвета, тип RL – 3W744, имеющих следующие характеристики: световой поток до 5 лм, потребляемая мощность 0,05 Вт. Светодиодные лампы соединены с источником питания в виде генератора импульсов с регулируемой частотой и длительностью светового импульса.

В работе были применены светодиоды белого цвета, излучающие белый свет благодаря свечению люминофора. В связи с этим возник вопрос, насколько повлияет эффект «послесвечения» люминофора на форму светового импульса. Проверку формы светового импульса (инерционности люминофора) проводили с помощью осциллографа, соеди-

ненного с фотоэлементами, расположенными непосредственно над светодиодными импульсными источниками света. В качестве осциллографа применили специальное устройство ЛА-50USB, соединенное с ПК.

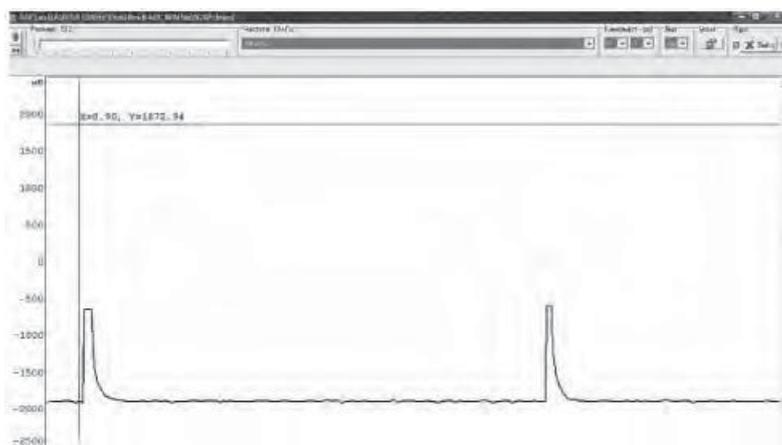
ЛА-50USB – аналогово-цифровой преобразователь, предназначенный для работы в качестве внешнего устройства совместно с ПК для преобразований непрерывных (аналоговых) входных сигналов в цифровую форму, которая удобна для дальнейшей обработки при помощи ПК. ПК при помощи специальной программы (ADCLab.exe) осуществляет обработку поступающего от устройства данных аналогово-цифрового преобразователя и выводит полученные и обработанные данные на монитор. Изображение с монитора компьютера приведено на рис. 2.

На рис. 2 отчетливо виден прямоугольный импульс, с мгновенным нарастанием и немного более медленным экспоненциальным спадом. Замедленный спад свидетельствует о наличии эффекта «послесвечения» люминофора. Однако этот эффект не оказывает существенного влияния на соотношение длительности темновой и световой фазы. Стоит отметить и тот факт, что во время «послесвечения» люминофора затрат электроэнергии не происходит, а, следовательно, энергоёмкость продукта не увеличивается.

## Результаты и их обсуждение

**В** процессе эксперимента проверены две гипотезы влияния мерцающего освещения на процесс культивирования *Chlorella sp.*

1. Рост биомассы происходит только в те периоды, когда объект освещён («дневное»



**Рис. 2.** Развертка во времени пиков освещенности при прерывистом освещении. Скриншот экрана компьютера в режиме работы осциллографа.

**Таблица 1**

Варианты освещения и сравнение полученных экспериментальных данных с ожидаемыми по различным гипотезам

1	2	3	4	5	6
Вариант освещения	Длительность постоянного освещения, ч	Длительность прерывистого освещения, ч	Ожидаемый прирост по гипотезе 1	Ожидаемый прирост по гипотезе 2	Относительный прирост к контролю в эксперименте
1.	24	0	1,0	1,0	1,0
2.	12	12	0,55	1,0	0,859
3.	10	14	0,475	1,0	0,802
4.	8	16	0,4	1,0	0,494

время при постоянном, «ночное» – в периоды всплеск светового импульса), а в периоды темновой фазы роста биомассы нет.

2. Накопление биомассы растёт не только в периоды освещения, описанные в п. 1, но также в течение некоторого времени темновой фазы.

В табл. 1 перечислены различные режимы освещения (варианты 1-4), различающиеся между собой длительностью циклов постоянного и прерывистого освещения.

В столбцах 4 и 5 представлены расчётные значения относительного по отношению к контролю прироста биомассы  $\Delta X/\Delta X_{max}$  соответственно для гипотез 1 и 2. Расчёт для гипотезы 1 проводили по формуле

$$\frac{\Delta X}{\Delta X_{max}} = \Delta X_{max} \cdot \frac{(24 - T)}{24} + \frac{t_c}{t_T + t_c} \cdot \frac{T}{24}$$

где  $t_c$  и  $t_T$  – длительность светового импульса и темнового интервала, соответственно, с;  $T$  – длительность времени прерывистого освещения, ч/сут.

Та же величина для гипотезы 2 везде равна 1,0, поскольку предполагается, что за период темновой фазы 0,01 с в промежутке между световыми импульсами освещение не требуется, а рост биомассы продолжается как при постоянном освещении.

Такого результата, однако, не было получено ни в одном из вариантов освещения (экспериментальные данные по отношению к контролю представлены в столбце 6 табл. 1), кроме варианта 1 (контроль).

Но полученные цифры всё же значительно выше пессимистической гипотезы 1. Полученные результаты можно объяснить тем, что длительность темновой фазы, по-видимому, была завышена, и на какой-то период времени рост биомассы прекращался.

Если предположить, что существует некото-

рый оптимальный период темновой фазы  $t_0$ , который можно допускать без ущерба для роста микроорганизмов, то длительность темновой фазы меньше  $t_0$ , по определению должна давать величину относительного прироста биомассы  $\Delta X/\Delta X_{max}$  равной 1. Увеличение же длительности темновой фазы увеличивает непродуктивный период цикла, при этом

$$\Delta X/\Delta X_{max} \sim t_0/t_T$$

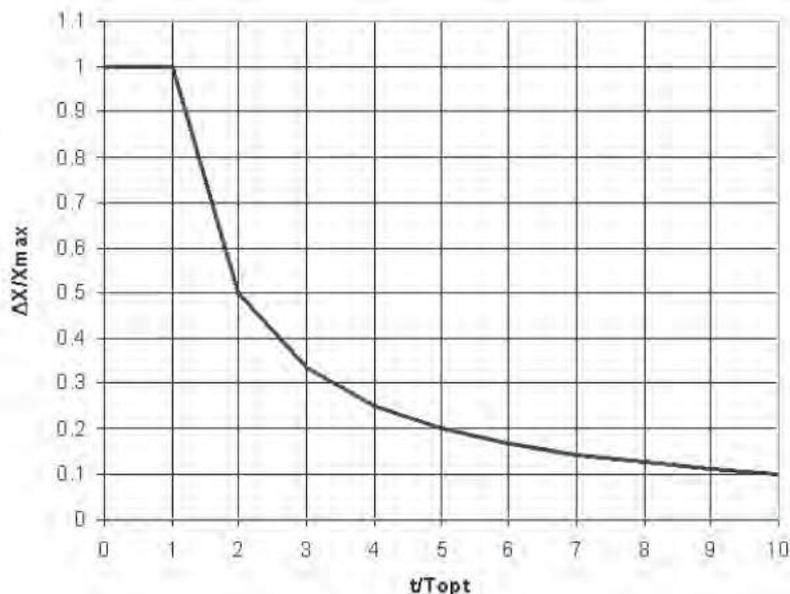
Графически это представлено на рис. 3

Из графика следует, что снижение эффективности по сравнению с контролем может быть вызвано тем, что выбранная длительность темновой фазы была велика и её следовало бы снизить.

Очевидно, что эта величина ( $t_0$ ) не является постоянной для всех фототрофных организмов и её следует уточнять в эксперименте, учитывая также условия проведения процесса.

Следует отметить, что представленные в табл. 1 варианты освещения № 2 и № 3 при условии использования в дневное время естественного света (для Московского региона с марта по ноябрь характерна длительность дня не ниже 10 часов в сутки) уже позволят снизить энергозатраты на получение биомассы.

Таким образом, поскольку предполагается, что происходящие в клетках основные биохимические реакции идентичны в аппаратах разного масштаба, можно ожидать, что затраты на электроэнергию при культивировании микроводорослей в темное время суток



**Рис. 3.** Зависимость относительного прироста биомассы от длительности темновой фазы при прерывистом освещении.

в условиях мерцающего освещения могут быть снижены в 8 раз; скорость потребления углекислоты при этом не меняется.

## Заключение

**П**роведенные эксперименты подтверждают, что использование мерцающего света позволяет существенно снизить затраты на культивирование микроводорослей. Создание промышленной установки такого типа в сочетании с крупномасштабным фотобиореактором является перспективным направлением совершенствования систем очистки стоков и выбросов.

## Литература

1. Биотехнология. Принципы и применение: Пер. с англ./ под ред. И. Хиггинса, Д. Беста и Дж. Джонса. М.: Мир, 1988. 480 с.
2. Богданов Н.И. Биологическая реабилитация водоёмов // 3 изд., доп. и перераб. Пенза: РИО ПГСХА, 2008., 126 с.
3. Левина Р.И. Антибактериальные свойства протококковых водорослей в отношении кишечной микрофлоры // Всесоюзное сове-

щание по культивированию одноклеточных водорослей: тез. докл. Л., 1961. С. 22-23.

4. Мельников С.С., Мананкина Е.Е. Хлорелла: Физиологически активные вещества и их использование. Мн.: Навука і тэхніка, 1991. 79 с.
5. Рейвин П., Эверт Р., Айхорн С. Современная ботаника: В 2-х т. Т.1: Пер. с англ. – 1990. – 348 с.
6. Сальникова М.Я. Хлорелла – новый вид корма. М., «Колос», 1977. 96 с.
7. Светоимпульсная стимуляция растений, под ред. Шахова А.А. –М.: Наука, 1971 – 368 с.
8. Справочная книга по светотехнике/ Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак, 2006. 972 с.
9. Энергосбережение в освещении. Под ред. Ю.Б. Айзенберга. М.: Издательство «Знак», 1999, 264 с.
10. Якушкина Н.И. Физиология растений: учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности 032400 «Биология» / Н.И. Якушкина, Е.Ю. Бахтенко. // М.: ВЛАДОС, 2005. – 463 с.: ил.
11. Graham, Linda E. Algae/ Linda E. Graham, Lee Warren Wilcox, CIP 2000



N.V. Maltsevskaya, V.V. Biryukov

## FLICKERING LIGHT FOR MICROALGAE CULTIVATION AS THE POSSIBLE WAY OF LOWERING ELECTRIC POWER CONSUMPTION AT CLEARING SEWAGE WATERS AND GAS EFFLUENTS

**T**he possibility of cultivation of microalgae using the flickering light realized by light emission diodes with electric pulse generator was investigated. It has been shown that the use of flickering light results

in some times lowering the electric power consumption that will really allow to utilize greenhouse gases – emissions of thermal power stations and other organized emissions of CO<sub>2</sub>, and also to practice biological

rehabilitation of drains by their algolization.

**Key words:** microalgae, flickering light, cost reduction of the electric power, LEDs

# ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЕ ВОДЫ

## С ЗАМКНУТЫМ ЦИКЛОМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

**В настоящей работе рассмотрена новая технологическая схема водоподготовки, основанная на комплексном подходе. Данный подход позволяет создать замкнутый цикл водопользования с высоким качеством получаемой очищенной воды и позволяет использовать железистый флотошлам. Проведённые исследования по изучению барботажу показали эффективность использования в качестве диспергирующего материала керамических трубчатых мембран.**

### Введение

**С**остояние проблемы. Обеспечение населения качественной питьевой водой является приоритетной социальной задачей любой страны. Ухудшение экологической обстановки и качества питьевой воды приводит к снижению защитных сил организма и всплеску заболеваний.

В настоящее время одной из основных проблем, связанных с источниками воды, является многократное превышение в них содержания железа и марганца.

Для этих целей наиболее широко используются методы упрощенной и глубинной аэрации. Упрощенный метод аэрации не позволяет достаточно эффективно окислить органическое железо и не может быть использован при содержании железа более 8-10 мг/л. Эти задачи с успехом решаются методом глубинной аэрации, а именно окислением железа под давлением  $P = 3-5$  атм [1, 5, 6].

Основными методами обезжелезивания, применяемыми сегодня на станциях водоподготовки, являются:

1. Упрощенная и глубинная аэрация.
2. Контактная коагуляция и осветление. Наиболее распространен метод коагулирования сульфатом алюминия с предварительным хлорированием, а иногда и известкованием с последующим отстаиванием.
3. Фильтрация с применением каталитических загрузок – наиболее распространенный

**Ю.М. Аверина\***,  
аспирант  
Факультета  
инженерной химии  
Российского химико-  
технологического  
университета  
им. Д.И. Менделеева

**Д.В. Павлов**,  
кандидат  
технических наук,  
ведущий инженер  
кафедры «ТЭП» РХТУ  
им. Д.И. Менделеева

**С.О. Вараксин**,  
кандидат  
технических наук,  
ведущий научный  
сотрудник кафедры  
«ТЭП» РХТУ  
им. Д.И. Менделеева



метод удаления железа и марганца, применяемый в высокопроизводительных компактных системах, что обусловлено как коммерческими аспектами, так и высокой технологичностью процессов. Каталитические наполнители – это природные материалы, содержащие диоксид марганца или загрузки, в которые диоксид марганца введен при соответствующей обработке: дробленый пиролюзит, МЖФ, Manganese Green Sand (MGS), Birm, MTM [3].

4. Микро- и ультрафильтрация [5,6].

Каждый из представленных методов имеет определенные недостатки, к основным из которых относятся: применение химических реагентов и сменных загрузок и, следовательно, высокие эксплуатационные затраты; не всегда высокие органолептические показатели очищенной воды; образование требующих утилизации промывных вод и осадков. В настоящее время в промышленности для различных целей начинает применяться мелкопузырчатая аэрация. Это наиболее эффективный и наименее затратный способ насытить воду кислородом. Высокая скорость переноса газа в жидкость обусловлена несколькими факторами: межфазная поверх-

\* Адрес для корреспонденции: Averina JM@mail.ru

ность или поверхность контакта фаз, размер пузырьков, газосодержание, скорость всплытия пузырьков и др.

Вопрос поиска наиболее оптимальных диспергирующих материалов, позволяющих проводить эффективный барботаж, до сих пор не решен. Новые материалы должны быть мелкопористыми, механически прочными, обладать довольно высокой воздухопроницаемостью и при этом не пропускать жидкость в воздуховод при атмосферном давлении в барботажном аппарате. Кроме того, поры материала не должны засоряться взвешенными твёрдыми частицами.

## Материалы и методы исследования

Перечисленные недостатки традиционных методов успешно решены благодаря применению новой комбинированной технологии разделения жидких смесей с использованием керамических трубчатых мембран для обезжелезивания воды и электрофлотации для утилизации и повторного использования промывных вод. Окисление железа проводится под давлением  $P = 3-5$  атм с использованием керамических трубчатых мембран.

В данной работе предлагаются для использования в качестве диспергирующего материала трубчатые керамические мембраны. Проведённое исследование показало эффективность использования такого материала, а предложенный метод позволит интенсифицировать процесс барботажа и снизить затраты на монтаж, ремонт и замену аэрационных элементов.

Данный метод можно классифицировать как метод глубинной аэрации. Данная технология имеет следующие преимущества:

- является безреагентной (используется только воздух вместо токсичных  $Cl_2$  и  $O_3$ );
- имеет высокую скорость процесса обезжелезивания (10-15 мин);
- относительно низкое удельное количество промывных вод и осадка;
- керамические мембранные элементы имеют срок службы 3-5 лет без снижения производительности, нерастворимые электроды электрофлотатора имеют срок службы 5-10 лет;
- оборудование является компактным, высокопроизводительным и простым в обслуживании;
- проектирование и строительство станций водоподготовки по данной технологии не требует высоких капитальных затрат. Керамические мембраны используются на двух стадиях процесса обезжелезивания

воды. На первой стадии аэрации осуществляется диспергирование воздуха через микрофильтрационные керамические элементы со средним размером пор 0,8 мкм, при этом в воде образуются микропузырьки воздуха диаметром 350-450 мкм. На последующей стадии для удаления гидроксидов железа и марганца, микроорганизмов, и органических веществ массой более 50000 Dalton применяются ультрафильтрационные керамические элементы со средним размером пор 0,09 мкм, при этом в очищенной воде сохраняется 80-110 мг/л солей, необходимых для человеческого организма. Очищенная вода является прозрачной и обладает высокими органолептическими свойствами.

Исследование барботажа через керамические трубчатые мембраны проводилось на экспериментальной установке по изучению барботажа (рис. 1 и 1а).

По напорному трубопроводу насосом 4 вода подаётся в прозрачную аэрационную ячейку ( $h_{\text{раб}} = 500$  мм, канал сечением  $30 \times 16$  мм). Давление в ячейке измеряется манометрами 3а и 3б, регулирование давления производится кранами К2 и К4. Подача воздуха в ячейку 2 осуществляется с помощью компрессора 5. На трубопроводе подачи газа расположены регулирующий вентиль К3, ротаметр и манометр. Выходящий из аэрационной ячейки трубопровод соединён с крестовиной, один выход которой заглушен. В крестовину поме-

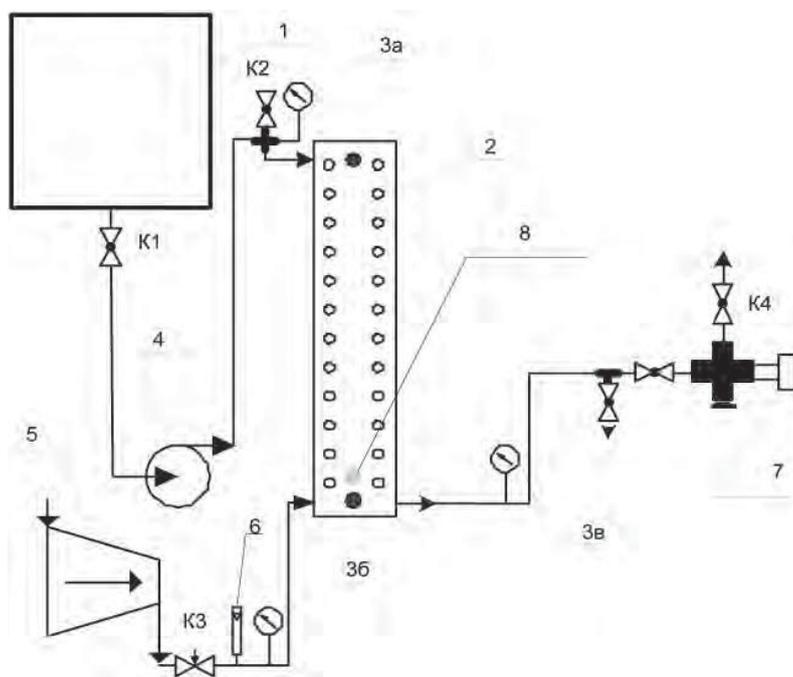
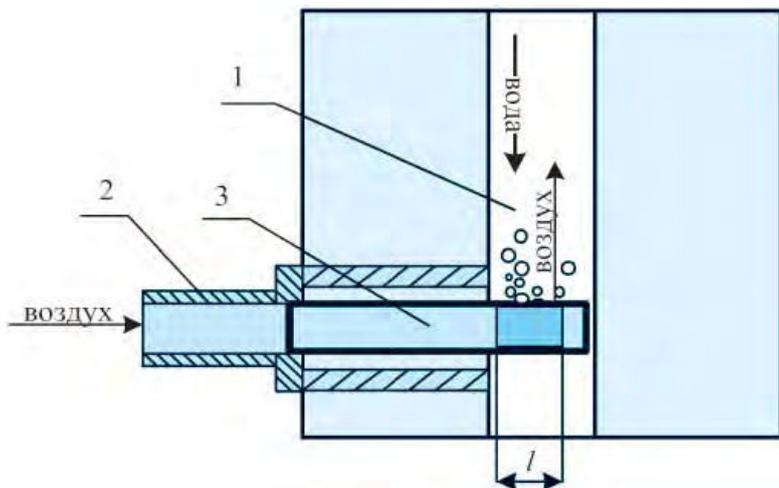


Рис. 1. Экспериментальная установка по изучению барботажа.

1 – емкость с исходной водой; 2 – аэрационная ячейка; 3 – манометры; 4 – насос; 5 – компрессор; 6 – ротаметр; 7 – анализатор кислорода; 8 – отверстие для монтажа аэратора.



**Рис. 1а.** Схема аэрационной ячейки  
 1 – аэрационная зона, 2 – аэрирующий элемент,  
 3 – керамическая трубка (КТ) – мембрана, l – рабочая длина КТ.

щается электрод анализатора кислорода (АКПМ-02Б) 7. Ввод воздуха в ячейку происходит через аэрирующий элемент, который герметично вкручивается в отверстие с резьбой 8.

Была сформирована матрица эксперимента, представленная в табл. 1. Эксперименты проводились для различного давления в ячейке и соответствующего ему различного перепада давлений. Для каждой исследуемой керамической трубки составлялась своя таблица.

Технологическая схема обезжелезивания воды с применением комбинирования глубинной аэрации, ультраfiltrации и электрофлотации представлена на рис. 2.

Согласно технологической схеме исходная вода насосом Н1 подается в аэратор А, в кото-



рый противотоком компрессором К подается сжатый воздух. Аэрация осуществляется через керамические трубчатые мембраны. Движущая сила процесса аэрации

$$\Delta P = P_{\text{воздуха}} - P_{\text{воды}} \text{ составляет } 3 \text{ атм.}$$

Исходная вода насыщается кислородом воздуха под давлением. Затем на выходе из аэратора давление резко сбрасывается, разрушая сложные органические комплексы и позволяя кислороду окислить примеси.

Далее вода через узел контакта фаз УКФ, представляющий собой компактную бухту силиконового шланга, работающую по модели реактора идеального вытеснения, попадает в емкость Е1. Из емкости Е1 насосом Н2 жидкость подается в модуль ультраfiltrации УФМ, где в «тупиковом» режиме происходит отделение окисленных примесей. Ультраfiltrационный модуль построен на основе керамических мембранных фильтров (КМФ). В КМФ устанавливаются керамические трубчатые мембраны малого диаметра 5-10 мм с толщиной стенки 1 мм (у лучших зарубежных аналогов – не менее 2,5 мм) и средним размером пор 0,1 мкм. Очищенная вода на выходе из УФМ соответствует СанПиН 2.1.4.1074-01.

Модуль УФМ оснащен системой периодической регенерации с использованием электромагнитных клапанов и контроллера управления. Регенерация осуществляется обратной продувкой мембран сжатым воздухом с одновременной подачей воды. Для этого через линию фильтрата компрессором К подается воздух и одновременно вдоль поверхности мембраны подается небольшое количество воды.

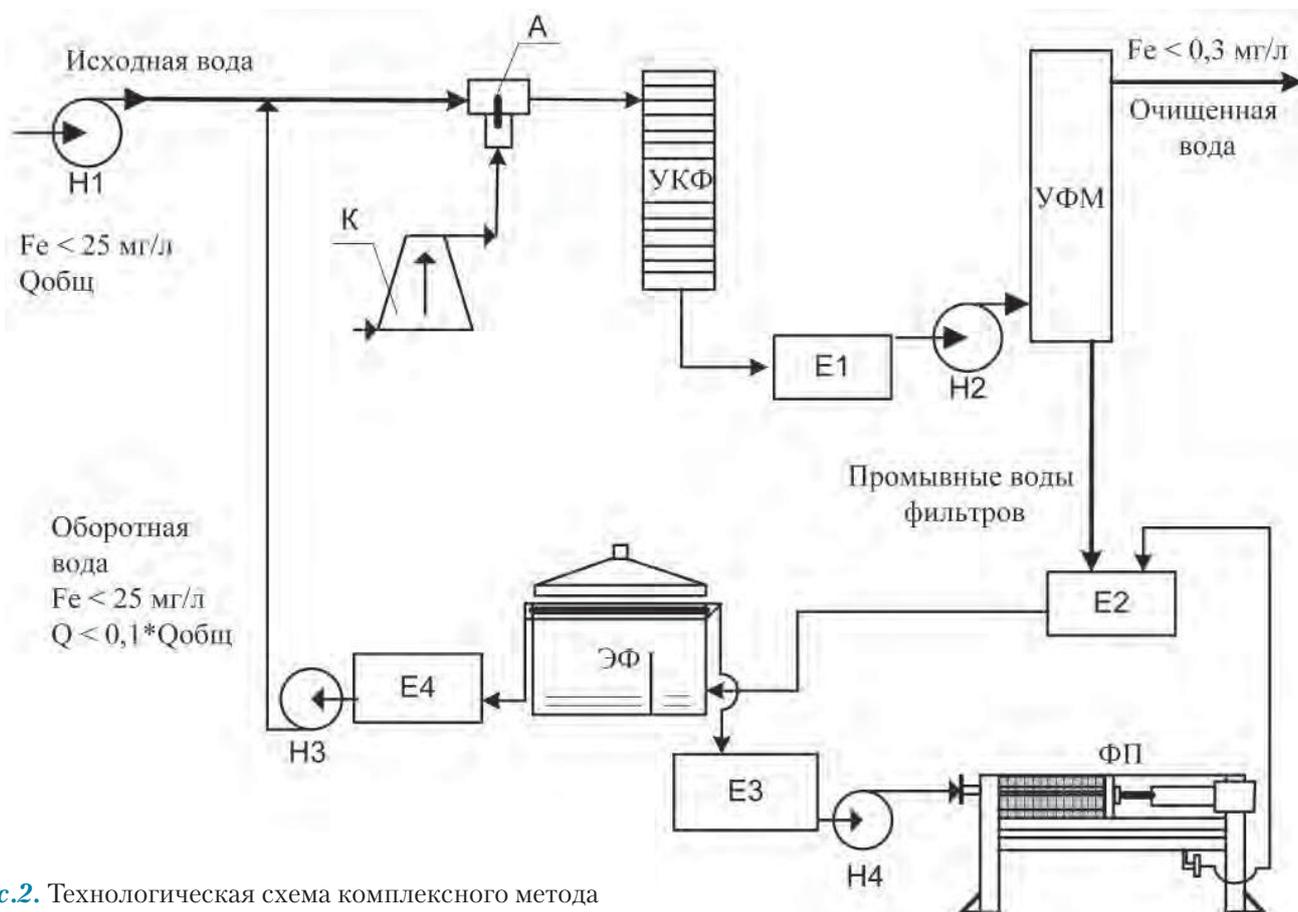
Водовоздушная смесь, образующаяся в процессе регенерации УФМ, с повышенным

**Таблица 1**

Концентрация кислорода на выходе из аэрационной ячейки для различных давлений

	$\Delta P_1$	$\Delta P_2$	$\Delta P_3$	$\Delta P_4$	$\Delta P_5$	$\Delta P_5$
$P_1$	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{14}$	$C_{15}$	$C_{16}$
$P_2$	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{23}$	$C_{24}$	$C_{25}$	$C_{26}$
$P_3$	$C_{31}$	$C_{32}$	$C_{33}$	$C_{34}$	$C_{35}$	$C_{36}$
$P_4$	$C_{41}$	$C_{42}$	$C_{43}$	$C_{44}$	$C_{45}$	$C_{46}$
$P_5$	$C_{51}$	$C_{52}$	$C_{53}$	$C_{54}$	$C_{55}$	$C_{56}$
$P_6$	$C_{61}$	$C_{62}$	$C_{63}$	$C_{64}$	$C_{65}$	$C_{66}$

$P_i$  – давление в аэрационной ячейке, атм ;  
 $\Delta P_j$  – перепад давлений, атм, равный  $\Delta P_j = P_v - P_i$ ,  $P_v$  – давление подачи воздуха в аэрационную ячейку;  
 $C_{ij}$  – концентрация кислорода в воде на выходе из аэрационной ячейки при  $ij$  условиях, мг/л.



**Рис.2.** Технологическая схема комплексного метода обезжелезивания.

Н – насосы; К – компрессор; А – аэратор; УКФ – узел контакта фаз; УФМ – ультрафильтрационный модуль; Е – накопительные емкости и усреднители; ЭФ – электрофлотатор; ФП – фильтр-пресс; Q – расход воды.

содержанием дисперсных веществ 100-300 мг/л, и имеющая рН 6,5-8,0 поступает в накопительную емкость E2, где производится отделение воздуха и усреднение промывных вод. Из E2 промывные воды поступают в электрофлотатор ЭФ, в котором происходит выделение микропузырьков электролитических газов диаметром 10-70 мкм. Микропузырьки захватывают хлопья дисперсной фазы ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$  и пр.) и поднимают их на поверхность воды, где последние накапливаются в пенном слое флотошлама. Флотошлам периодически удаляется пеносорбным устройством в сборник E3. Остаточное содержание ионов железа в очищенной воде после электрофлотации составляет не более 10 мг/л.

Очищенная вода из ЭФ самотеком поступает в промежуточную емкость E4, откуда насосом N3 подается в нагнетательный трубопровод насоса N1 и, смешиваясь с исходной водой, образует замкнутый контур водоснабжения.

Флотошлам из E3 насосом N4 подается на фильтр-пресс ФП для обезвоживания до 70%. Обезвоженный шлам можно использо-

вать для приготовления коагулянтов либо в качестве вторичного сырья.

Железосодержащие шламы могут быть использованы как добавки к сырью, для производства цементного клинкера. Включение в сырьевые смеси для производства цементного клинкера небольших количеств этих добавок по существу почти не изменяет применяемые на цементных предприятиях технологии обжига и не влияет на качество производимого клинкера. Железосодержащие шламы можно использовать также в составе ингредиентов различного функционального назначения – наполнителей, промоторов адгезии резины к металлам, активаторов вулканизации [4].

## Заключение

**Р**азработана высокоэффективная технология обезжелезивания воды и очистки промывных вод с применением комбинирования глубинной аэрации, ультрафильтрации и электрофлотации, рекомендуемая к внедрению на модернизируемых и вновь

строящихся станциях обезжелезивания в регионах с повышенным содержанием соединений железа в воде.

В ходе проведения работы была опробована возможность применения керамических трубчатых мембран в качестве диспергирующего материала. Был изучен барботаж через трубчатые элементы разного диаметра (6 мм, 8 мм, 10 мм), трубки также различались по количеству нанесённых слоёв (подложка без слоя, 1 слой, 2 слоя, 3 слоя). Для всех керамических трубок наблюдается увеличение концентрации кислорода в воде при повышении давления внутри аэрационной ячейки. По результатам экспериментов для использования в промышленности рекомендуется керамическая трубка диаметром 10 мм с нанесением двух мембранных слоёв. Оптимальный перепад давления 3 атм (давление в ячейке 3 атм и давление подачи воздуха 6 атм).

Показано, что применение данной технологии позволяет сократить водозабор, обеспечить отсутствие жидких отходов, а также снизить количество твердых отходов и направить их на утилизацию. При этом снижается себестоимость очищенной воды без ухудшения ее качества и органолептических свойств.

Использование комбинации методов глубокой аэрации, ультрафильтрации и электрофлотации позволяет отказаться от использования химических реагентов и сократить эксплуатационные затраты на сменные элементы. Срок службы керамических мембран составляет 3-5 лет, срок службы нерастворимых электродов электрофлотатора составляет 5-10 лет. При этом существенно повыша-

**Ключевые слова:**

водоподготовка,  
 обезжелезивание,  
 электрофлотация,  
 ультрафильтрация,  
 керамические  
 мембраны

ется рентабельность эксплуатации станций обезжелезивания.

Благодаря модульности исполнения системы можно наращивать производительность станций обезжелезивания без замены существующего оборудования.

**Литература**

1. Терпугов Г.В., Мынин В.Н., Комягин Е.А., Аверина Ю.М., Скопин А.Л., Кабанов О.В. Бытовые водоочистные устройства, учебное пособие, РХТУ им. Д.И. Менделеева, М.: 2008. – 60 с.
2. Рябчиков Б.Е., Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. – М., ДеЛи принт, 2004. –328 с.
3. Водоподготовка: Справочник. /Под ред. д.т.н. С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. 240 с.
4. Систер В.Г., Клушин В.Н., Родионов А.И., Переработка и обезвреживание осадков и шламов. М.: Дрофа, 2008. 248 с.
5. Николадзе Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод. М.: Строй-издат, 1978. 160 с.
6. Беликов С.Е. Водоподготовка. М.: Акватерм, 2007. 240 с.
7. Мешенгиссер Ю.М. Теоретическое обоснование и разработка новых полимерных аэраторов для биологической очистки сточных вод. Дисс. на соискание ученой степени д.т.н. М.: ФГУП «НИИ ВОДГЕО», 2005. 311 с.



Yu.M. Averina, D.V. Pavlov, S.O. Varaksin

## IRON REMOVAL IN CLOSED CYCLE WATER MANAGEMENT

New water treatment manufacturing scheme has been developed with comprehensive approach involved. Such approach uses ferrous sludge and allows

closed cycle water consumption with obtained water of high quality. Ceramic tube membranes were shown to be very good as dispersive material in the bubbling process.

**Key words:** water treatment, iron removal, electroflotation, ultrafiltration, ceramic membrane



# ПЕРСПЕКТИВЫ использования электрохимической АКТИВАЦИИ РАСТВОРОВ

**Представлен краткий обзор публикаций последних лет  
о применении электрохимической активации  
в различных отраслях науки и промышленности.**

## Введение

Электрохимическая активация воды является сравнительно молодым, но одним из наиболее перспективных направлений, в котором наработан большой теоретический и практический материал.

Сам термин “электрохимическая активация” (ЭХА) появился в результате серии исследований, которыми было установлено, что жидкости, подвергнутые униполярному (анодному или катодному) электрохимическому воздействию, переходят в термодинамически неравновесное состояние и в течение времени релаксации проявляют аномально высокую химическую активность. Этот термин был введен в науку В.М. Бахиром, который в 1972 г. впервые обратил внимание, что католит, полученный в диафрагменном электрохимическом реакторе из слабоминерализованной воды, очень сильно отличается по физико-химическим параметрам и реакционной способности от моделей католита, приготовленных путем растворения в воде химических реагентов, вид и количество которых определены в соответствии с законами классического электролиза. Данные вещества обладают огромным окислительно-восстановительным потенциалом и рядом аномальных свойств [1].

Дальнейшие исследования показали, что различия в свойствах только что полученного католита разбавленных водно-солевых растворов от его химических моделей-аналогов (растворов стабильных щелочей или кислот) не являются постоянными, стабильными во времени. В результате электрохимической активации вода переходит в метастабильное (активированное) состояние, которое характеризуется аномальными значениями физико-химических параметров. Конечным продуктом ЭХА являются не кон-

**К.С. Голохваст\***,  
кандидат  
биологических наук,  
заместитель  
директора Института  
нефти и газа  
(Дальневосточный  
государственный  
технический  
университет,  
Владивосток)

**Д.С. Рыжаков**,  
соискатель  
Института  
нефти и газа  
(Дальневосточный  
государственный  
технический  
университет,  
Владивосток)

**В.В. Чайка**,  
соискатель  
Института  
нефти и газа  
(Дальневосточный  
государственный  
технический  
университет,  
Владивосток)



центрированные химические вещества, а активированные растворы, то есть низкоминерализованные жидкости в метастабильном состоянии. С точки зрения природы данного явления, ЭХА представляет собой электрохимическое и электрофизическое воздействие на жидкость с содержащимися в ней ионами и молекулами в области пространственного заряда у поверхности электрода (анод или катод). В результате ЭХА вода переходит в метастабильное (активированное) состояние, проявляя при этом в течение нескольких десятков часов повышенную реакционную способность в различных физико-химических процессах. Самопроизвольно изменяясь во времени, возмущенные предшествующим внешним воздействием параметры и свойства воды постепенно достигают равновесных значений в результате релаксации [1]. Считается, что происходит диссоциация метастабильных соединений, в том числе и по причине газообмена с окружающим воздухом. Есть ряд сообщений [2-4], в которых изучалась длительности процесса сохранения окислительно-восста-

\* Адрес для корреспонденции: droopy@mail.ru

новительного потенциала (ОВП) в активированной воде. В частности, было показано, что сохранить ОВП католита можно в замороженном состоянии.

На сегодняшний день ЭХА-технологии нашли применение в медицине, обработке металлов, черной и цветной металлургии, бурении скважин, разработке нефтяных и газовых месторождений, нефтехимической и химической промышленности, электронной промышленности, горном деле, транспорте, лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, промышленности строительных материалов, легкой и пищевой промышленности, коммунальном хозяйстве, водоподготовке, военном деле, сельском хозяйстве, животноводстве, птицеводстве, растениеводстве, пчеловодстве и рыбоводстве. На первых шагах коллективом Бахира В.М. было установлено, что конструкция и технологические параметры электрохимической установки влияют на свойства буровых растворов, улучшая их эксплуатационные характеристики. Авторами было показано существенное изменение физико-химических свойств прямогонного бензина, используемого в качестве сырья для процессов пиролиза, при униполярной электрохимической обработке. Также электрохимической обработке подвергалась вода с минерализацией не более 5-7 мг/л, получали раствор с высокими отрицательными окислительно-восстановительными показателями, затем переводили данный раствор в пар и направляли в пиролизную печь в соответствии с традиционным технологическим процессом. В результате возрастали выходы этилена, пропилена, дивинила, бензола. В конце 2008 г. промышленное предприятие «Лаборатория электротехнологии» прекратило выпуск всех модификаций ПЭМ и начало выпуск новых электрохимических устройств

**А.Н. Гульков,**  
доктор технических наук, директор  
Института нефти и газа  
(Дальневосточный государственный  
технический университет,  
Владивосток)

МБ-11 и МБ-26. Представленные элементы, по мнению авторов, имеют существенные технические, технологические и функциональные преимущества по сравнению с ПЭМ. Новые модули обеспечивают возможность реализации процесса ионселективного дифрагментного электролиза для водных растворов любой степени минерализации, использование их в качестве индивидуального устройства или в виде блоков. На сегодняшний день коллектив под руководством В.М. Бахира опубликовал более 500 научных работ и более 400 изобретений, защищенных патентами России, Англии, США, Канады, Японии и других стран в области созданного нового научно-технического направления – ЭХА ([www.bakhir.ru](http://www.bakhir.ru), [www.vbinstitute.ru](http://www.vbinstitute.ru)).

Область применения ЭХА-технологий крайне широка, поэтому мы остановимся лишь на некоторых направлениях.

Большой интерес представляют возможности использовать ЭХА-растворы в пищевой промышленности, например, при влиянии на активность ферментов солода [5]. Как сообщают авторы, растворы ферментов и вытяжек, приготовленных на анолите, обладали более высокой активностью, что позволяет говорить об активации ферментов. Эксперименты также показали, что оптимальное время воздействия 15 мин, дальнейшая активация не приводит к нужным результатам. При применении растворов ферментов на ЭХА-воде происходит увеличение экстрактивности солода и несоложенных материалов. Кроме того, при уменьшении нормы задачи ферментов на 12 % экстрактивность и время осахаривания оставались такими же, как и в контроле, что позволяет экономить дорогостоящие ферментные препараты. По сообщению [6], процесс ЭХА может применяться к молоку для регулирования кислотности, т.е. для раскисления молока. В качестве электролитов использовали питьевую воду, водные растворы  $\text{NaCl}$  и  $\text{NaHCO}_3$ . Объектом исследования являлось молоко цельное, с кислотностью выше 22 – 23 °Т. Было установлено, что при использовании в качестве электролита воды с увеличением напряжения наблюдалось снижение общей бактериальной обсемененности молока. Но при этом происходили нежелательные изменения физико-химических свойств – снижалась плотность, массовая доля жира и белка, наблюдалось ухудшение органолептических показателей. При пропускании через анодную камеру водного раствора  $\text{NaHCO}_3$ , в молоке обнаружено наличие ионов  $\text{HCO}_3^-$ , поэтому применение в качестве электролита воды и  $\text{NaCO}_3$  посчитали нецелесообразным. При использовании в качестве электролита



водного раствора NaCl после обработки ЭХА органолептические показатели молока улучшились, физико-химические показатели, такие как массовая доля белка, остались без изменения, плотность по мере снижения концентрации водного раствора NaCl и силы тока незначительно снижалась, что не превышало уровень допустимой погрешности эксперимента. Значительным изменениям подверглась титруемая кислотность исследуемого молока. Так, при неизменном напряжении и плавном увеличении концентрации раствора анолита и силы тока кислотность снизилась с 22 °Т до 16 °Т, что позволило изменить сорт молока с несортového до второго и первого сорта. Также наблюдалось положительное влияние процесса ЭХА на микробиологические показатели. Результаты эксперимента показали целесообразность и перспективу применения ЭХА молока с целью регулирования его кислотности без изменения состава и с улучшением его органолептических свойств, что позволит расширить сырьевые возможности и увеличить эффективность таких важных технологических процессов производства, как сепарирование молока на предприятиях молочной промышленности. Есть сообщения об использовании ЭХА-технологий в пищевой промышленности для активации плазмы крови [7, 8].

Применение электрохимически обработанных растворов в строительном материаловедении также может стать перспективным. Имеется ряд научно-исследовательских работ, а также запатентованных способов по приготовлению бетонной смеси с применением затворной жидкости, обработанной в катодном пространстве электрохимического реактора [9, 10]. В частности, в одном из сообщений [11] отмечается, что значение устойчивости к нагрузке на изгиб в образцах, приготовленных на основе католита, достоверно значимо превышает значение в контрольных образцах на 12 %. Другими авторами отмечено увеличение прочностных характеристик бетона, улучшение удобоукладываемости бетонной смеси.

Следует уделить также внимание и биомедицинским аспектам применения ЭХА. На одно из первых мест по значимости продуктов ЭХА-технологий можно поставить высокую антибактериальную активность анолита [12], в частности, используемую для дезинфекции [13, 14]. Причиной бактерицидной активности являются соединения хлора (оксиды хлора, хлорноватистая кислота, гипохлорит), появляющиеся в анолите при электролизе. В работе [15] авторы поставили перед собой задачи испытать действие



нейтрального анолита на ряд возбудителей инфекционной диареи молодняка, определить оптимальный режим (дозы, кратность) применения анолита и его эффективность при массовых желудочно-кишечных заболеваниях новорожденных телят. Бактерицидное действие анолита определяли в отношении полевых штаммов бактерий видов *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *P. mirabilis*, *Salmonella dublin*, *S. enteritidis*, *Morganella morganii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*. Результаты этих исследований показали, что под воздействием анолита гибель всех названных видов бактерий, за исключением стафилококка, наступала через 5 мин., стафилококк погибал через 7 мин. Телятам, больным диареей, нейтральный анолит применяли по схеме: в первый и последующий день проявления болезни — 2 раза в сутки по 300 мл на прием. Испытание было проведено на 19 животных. В результате двухдневного применения анолита у всех телят на 3-сутки от начала возникновения диареи наступало выздоровление. Есть положительные результаты применения ЭХА-растворов при лечении болезней пчел [16]. Сообщается [17], что под действием анолита (рН 2,5-3,0) возбудитель рожи на различных объектах внешней среды погибает через 6-7 мин, что легло в основу рекомендаций его применения для дезинфекции объектов свиноводства в очагах рожи свиней. Католит при длительном назначении внутрь является эффективным и дешевым препаратом, стимулирующим рост молодняка, повышающим мясную продуктивность взрослых свиней. Длительное назначение с кормом католита способствует формированию более напряженного и продолжительного поствакцинального противорожистого иммунитета. Также сообщается [18] о комплексном лечении собак, больных чумой, с использованием внутрь анолита (рН 2-3) и католита (рН 11). Авторы предлагают назначать анолит пер-

вые 2-3 суток 2 раза в день, за 20-30 мин до кормления, в дозировке по 2 мл/кг массы тела. Последующие 2-3 суток анолит назначать так же, но через 40-50 мин назначать католит в дозе 3-4 мл на кг массы тела. Последующие дни до полного выздоровления назначать внутрь только католит, как противовоспалительное и регенерирующее средство, в дозировке по 2 мл/кг массы тела. Сообщения о многостороннем изучении биологических свойств католита многочисленны [19]. Самым важным параметром воды, с точки зрения современной биологии и медицины, является ее «заряд» – ОВП, который должен быть отрицательным, так как клетки животных и человека имеют отрицательный ОВП (-70 мВ). Патология возникает, когда отрицательный потенциал клеток (ОВП) падает ниже нормы. Активированная тем или другим способом вода имеет отрицательный ОВП, легко усваивается организмом и восполняет клеткам потерянные при патологии отрицательные заряды и энергию. Можно полагать, что в этом заключается один из основных механизмов действия католита на биологические объекты.

Тканевая гипоксия различного происхождения, например, при холодовом воздействии, коррелирующая с регрессией ОВП в сторону восстановительных значений, сопровождается накоплением молочной кислоты, тенденцией к метаболическому ацидозу и повышению кислородного запроса тканей [20, 21]. Католит при введении в биологическую систему имитирует повышение электронодонорного фона при гипоксии без нарушения кислородного снабжения организма, поскольку реальный транспорт кислорода с кровью к тканевым структурам при действии католита не претерпевает изменений [22, 23].

**Ключевые слова:**

электрохимическая  
активация,  
католит,  
анолит

Можно сделать вывод, что католит, повышающий электронодонорный фон биологических сред, проявляет себя как фактор противooksидительной защиты, то есть как классический антиоксидант [24, 25].

Активированная тем или другим способом вода имеет отрицательный ОВП, легко усваивается организмом и восполняет клеткам потерянные при патологии отрицательные заряды и энергию [26-28]. Есть даже сообщения о наличии у католита антимутагенных и противораковых свойств [29, 30].

Имеющиеся литературные данные показали, что введение католита в организм животных (в англоязычной научной литературе – *Electrolysis Reduced Water (ERW)* или *Alkaline Antioxidant Water (AAW)*) приводит к повышению иммунитета [31], снижению восприимчивости к простудным и инфекционным заболеваниям, положительно влияет на репродуктивные качества животных [32] и минеральный обмен [33], обеспечивает дополнительный привес [34] и даже обладает психотропным эффектом [35].

В обзоре [36] приводятся данные, из которых следует, что католит является неспецифическим активатором защитных реакций организма, нарушает динамическое равновесие и дает дополнительный стимул к росту и развитию, он оказывает системное действие на организм животных, выражающееся в изменении электролитного состава сыворотки крови, увеличении резервной щелочности, содержания кальция, изменении клеточного состава слизистых оболочек пищеварительного тракта, в активизации защитных сил, усилении на этом фоне тенденций роста и развития системы. Католит проявляет свойства модулятора иммунного ответа, способствует дифференциации кле-



ток лимфоидного роста, дальнейшей их интенсивной дифференциации в плазмоциты, резкому снижению количества эозинофилов до 40 % и лейкоцитов на 30 %, что говорит о десенсибилизирующем действии. Он способствует также увеличению количества макрофагов – основы иммунитета, в органах иммунной системы животных, подвергнутых антигенному воздействию, на  $10^{-1}$  5%, снижает остроту протекания воспалительного процесса. Католит обладает выраженной антиоксидантной активностью [37-39]. Уровень малонового диальдегида у больных телят достоверно снижается при введении католита с 2,4 до 2 мкмоль при  $P < 0,05$ , одновременно с увеличением уровня антиперекисной защиты – альфа-токоферола на 5-7 %. При облучении мышей бактерицидной лампой на расстоянии 40 см от клетки 8-9 ч в сутки, в течение 7-8 суток, развиваются клинически выраженные процессы ПОЛ, увеличивается уровень малонового диальдегида на 10 %. Католит оказывает адаптогенное действие на организм перепелок и цыплят-бройлеров при снижении дозы витаминов (А, D, Е, В) в рационе на 35 %. При выпаивании его птице в качестве питьевой воды дважды в неделю среднесуточные показатели роста и яйценоскости не снижаются. Католит обладает пребиотическими свойствами, эффективность которых сопоставима с действием пробиотических препаратов. При экспериментальном дисбиозе, вызванном длительным введением высоких доз антибиотика энрофлоксацина (в 10 раз выше терапевтических доз), католит способствует более быстрой нормализации физиологического состояния и восстановлению численности, функциональной активности микрофлоры кишечника животных в сравнении с пробиотиками «Астра» и «Биовестин-Лакто». При спонтанном дисбиозе телят (снижение титра кишечной микрофлоры на 2-3 порядка) после интенсивного курса антибиотикотерапии выпаивание католита в течение трех недель способствует увеличению титра микрофлоры и нормализации ее состава. Анолит является экологически чистым консервантом, по эффективности не уступающим химическим дезодорантам. Средняя летальная концентрация активного хлора анолита для млекопитающих в воздухе равна 0,3 мг/л. При профилактической дезинфекции помещений для животных 1 л анолита на 1 м<sup>2</sup> площади помещения расчетная концентрация активного хлора не превышает 0,12 мг/л. При проветривании, через 30 мин, она снижается до минимума. Годовая потребность хозяйств в дезинфицирующих средствах компенсирует-



ся адекватным количеством анолита, что стоит в 5 раз дешевле. Дезинфекция костного сырья и яичной скорлупы погружением в анолит с концентрацией активного хлора 300 мг/л в течение 3 ч позволяет сохранить его качество на воздухе в течение 24 ч при температуре окружающей среды 25-30 °С. В анолите в закрытой емкости хранить сырье можно длительное время.

В работе [40] исследована возможность проведения коррекции общей адаптационной реакции у женщин с нарушением липидного обмена применением электроактивированной воды в процессе прегравидарной подготовки. Было обследовано 60 женщин молодого репродуктивного возраста от 18 до 35 лет. В исследование вошли 20 условно здоровых женщин (контрольная группа) и 40 женщин с нарушением липидного обмена, проявляющегося нарушением менструальной функции, бесплодием, невынашиванием беременности и перинатальными осложнениями в анамнезе. В качестве активационного (антистрессового) и корректирующего фактора применяли электроактивированную воду, полученную методом электроактивации прибором «Карат-М» ТУ 3468-001-51702726-2006, предназначенным для приготовления двух типов воды – анолита и католита. Предварительно измеряли ОВП водопроводной воды (+70 мВ) и полученного католита (-250 мВ) с помощью прибора ОВП-метра HI 98201 (фирма HANNA-instrument). Женщинам в течение месяца однократно через день назначали внутрь перед едой по 100 мл католита, разбавленного 100 мл свежевыжатого сока моркови, свеклы, яблок и др. (кроме виноградного сока). Было показано, что электроактивированная вода способствует положительной коррекции общей адаптационной реакции у женщин молодого репродуктивного возраста с нарушением липидного обмена, а также у условно здоровых женщин в процессе прегравидарной подготовки, что может обусловить более благоприятное течение гестационного процесса и снизить вероятность акушерских и перинатальных осложнений. Есть интересные хирургические [41], стоматологические [42, 43] и дерматовенерологические [44] работы, которые позволяют расширить границы применения ЭХА-растворов. Так, в работе [44] показано, что одновременное применение анолита местно и католита внутрь наиболее полно устраняет все установленные при псориазе нарушения, что сокращает время пребывания пациентов в стационаре на 4-5 суток и увеличивает продолжительность ремиссии более чем до 24 месяцев.



Эти исследования ЭХА-растворов показали ряд преимуществ по сравнению с традиционно используемыми лечебными средствами [45]. Во-первых, это полная биологическая совместимость и безвредность – на 50–90 % анионы и радикалы, присутствующие в католите, представлены промежуточными соединениями оксидазных реакций, которые происходят в живых клетках. Они не содержат чужеродных организму животных и человека химических элементов и соединений. Во-вторых, установлено, что католит и анолит относятся к малотоксичным соединениям 4 класса опасности и оптимум биологической активности ЭХА-растворов достигается при концентрации стабильных продуктов электролиза в тканевых средах в области  $10^{-4}$ – $10^{-3}$  моль/л. Действие современных фармакологических препаратов, связанное с подавлением одних функций и стимуляцией других, не соответствует концепции сохранения гомеостаза. Поэтому поиск средств, действие которых основано на принципах, щадящих внутреннюю среду организма и потому влияющих на сохранение качества продукции, является актуальным направлением медицины и ветеринарии.

Явление ЭХА растворов начали изучать сравнительно давно, к настоящему времени католиты и анолиты различных растворов уже нашли широкое практическое применение в разных странах в многочисленных областях деятельности. Полного понимания процессов при получении активированных растворов до сих пор нет (причин активности, механизмов химического и биологического действия, продолжительности сохранения свойств). Дальнейшее изучение природы активированных растворов позволит повысить эффективность их использования и расширить область применения.

## Литература

1. Кирпичников П.А. О природе электрохимической активации сред / П.А. Кирпичников, В.М. Бахир, П.У. Гамер, Г.А. Добреньков, А.Г. Лиакумович, Б.С. Фридман, С.И. Агаджанян // Доклады АН СССР, 1986. Т. 286. № 3. С. 663-666.
2. Пискарев И.М. Приготовление питьевой воды с отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом путём насыщения её водородом / И.М. Пискарев, Н.А. Аристова С.Н. Туголуков // Электронный журнал «МИС-РТ»-2008. Сборник № 46-2. <http://ikar.udm.ru/sb46-2.htm>
3. Петрушанко И.Ю. Неравновесное состояние электрохимически активированной воды и её биологическая активность / И.Ю. Петрушанко, В.И. Лобышев // Биофизика, 2001. Т. 46. Вып. 3. С. 389-401.
4. Петрушанко И.Ю. Физико-химические свойства водных растворов, полученных в мембранном электролизере / И.Ю. Петрушанко, В.И. Лобышев // Биофизика, 2004. Т. 49. Вып. 1. С. 22-31.
5. Храпенков С.Н. Воздействие электрохимически активированных систем на ферменты солода / С.Н. Храпенков, М.В. Гернет, В.М. Бахир // Пиво и напитки, 2002. № 5. С. 20-21.
6. Мартынова О.В. Математическое описание процесса электрохимической активации молока // Материалы III Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии и оборудование для пищевой промышленности (приоритеты развития)». Воронеж, 2009. Т. 1. С. 273-275.
7. Ильина Н.М. Влияние электрохимической активации на свойства белков плазмы крови / Н.М. Ильина, Л.В. Спивакова, А.И. Бывальцев, Н.Н. Смагина, А.В. Николайчик // Известия вузов. Пищевая технология, 2003. № 5-6. С. 41 – 43.
8. Титов С.А. Ультразвуковые исследования мясного фарша с добавлением электрохимически активированной плазмы крови / С.А. Титов, А.С. Пешков, А.А. Хвостов // Материалы III Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии и оборудование для пищевой промышленности (приоритеты развития)». Воронеж, 2009. Т. 1. С. 165-168.
9. Богачев С.Н. Патент на полезную модель №2008104443/03, 05.02.2008 «Способ приготовления бетонной смеси» Богачёв С.Н., Богачёв К.Н., Стецык В.Б., Стахов Б.Г.
10. Мироевский П.Р. Патент на полезную модель №93048855/33, 21.10.1993 «Способ приготовления активированной воды затворения бетонной смеси» Мироевский П.Р., Поляков С.М.

11. Рыжаков Д.С. Исследование физико-химических параметров воды затворения при электрохимической активации и влияние на прочностные характеристики бетона / Д.С. Рыжаков, А.Н. Гульков, В.Т. Гуляев, А.В. Козин, К.С. Голохваст // Известия Самарского научного центра РАН, 2009. Т. 11, № (2). С.340-343.
12. Бахир В.М. Дезинфекция: проблемы и решения / В.М. Бахир, Б.И. Леонов, В.И. Прилуцкий, Н.Ю. Шомовская // Вестник новых медицинских технологий. 2003. № 4. С. 78-80
13. Закомырдин А.А. Экологически безопасные электрохимически активированные дезинфицирующие растворы // Ветеринария, 2002. № 2. С. 12-14.
14. Паничева С.А. Новые технологии дезинфекции и стерилизации сложных изделий медицинского назначения. М.: ВНИИИМТ, 1998. 122 с.
15. Каврук Л.С. Применение анолита АНК при кишечной инфекции / Л.С. Каврук, Е.А. Зиборова // Ветеринарный консультант, 2002. № 23. С. 6.
16. Севастьянов Б.Г. Анолит и католит при лечении пчел // Пчеловодство, 2002. № 3. С. 26-27.
17. Складов С.П. Эффективность практического применения электрохимически активированной воды для профилактики и лечения свиней, больных рожей: Дисс. канд. ветер. наук. Ставрополь, 2008. 191 с.
18. Детцель Н.И. Влияние электрохимически активированной воды на напряженность иммунитета у собак, привитых против чумы // Ветеринария, 2007. № 5. С. 58-59.
19. Ашбах Д.С. Живая вода против свободных радикалов и старения. СПб.: Изд-во Питер, 2009. 256 с.
20. Прилуцкий, В.И. Электрохимически активированная вода: аномальные свойства, механизм биологического действия / В.И. Прилуцкий, В.М. Бахир – М.; ВНИИИМТ, 1997. 228 с.
21. Широносков В.Г. Резонанс в физике, химии и биологии. Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет», 2001. 92 с.
22. Голохваст К.С. Гистофизиологическое состояние системы местного иммунитета дыхательных путей при охлаждении и коррекции ЭХА-раствором / К.С. Голохваст, В.В. Чайка, А.Н. Старков, М.А. Штарберг, В.В. Кодинцев // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2007. № 27. С. 15-17.
23. Чайка В.В. Некоторые биологические свойства католита при действии низких температур // Вестник НГУ. Сер. Биол. и клин. мед. 2009. № 3. С. 30-33.
24. Hanaoka K. Antioxidant effects of reduced water produced by electrolysis of sodium chloride solutions // Journal of Applied Electrochemistry, 2001. № 31. P. 1307–1313.
25. Hanaoka K. The mechanism of the enhanced antioxidant effects against superoxide anion radicals of reduced water produced by electrolysis / K. Hanaoka, D. Sun, R. Lawrence, Y. Kamitani, G. Fernandes // Biophys. Chem., 2004. V. 107(1). P. 71-82.
26. Kim Mi-Ja. Preservative effect of electrolyzed reduced water on pancreatic  $\beta$ -Cell mass in diabetic db/db mice / Mi-Ja Kim, Kyung Hee Jung, Yoon Kyung Uhm, Kang-Hyun Leem, Hye Kyung Kim // Biological & Pharmaceutical Bulletin, 2007. V. 30(2). P. 234-236.
27. Lee M.Y. Electrolyzed-reduced water protects against oxidative damage to DNA, RNA, and protein / M.Y. Lee, Y.K. Kim, K.K. Ryoo, Y.B. Lee, E.J. Park // Appl. Biochem. Biotechnol., 2006. V. 135(2). P. 133-144.
28. Li Y. Protective mechanism of reduced water against alloxan-induced pancreatic 1-cell damage: Scavenging effect against reactive oxygen species / Y. Li, T. Nishimura, K. Teruya et al. // Cytotechnology, 2002. № 40. P. 139–149.
29. Shirahata S. Electrolyzed-reduced water scavenges active oxygen species and protects DNA from oxidative damage / S. Shirahata, S. Kabayama, M. Nakano, T. Miura, K. Kusumoto, M. Gotoh, H. Hayashi, K. Otsubo, S. Morisawa, Y. Katakura // Biochem. Biophys. Res. Commun. 1997. V. 234(1). P. 269-274.
30. Ye J. Inhibitory effect of electrolyzed reduced water on tumor angiogenesis / J. Ye, Y. Li, T. Hamasaki, N. Nakamichi, T. Komatsu, T. Kashiwagi, K. Teruya, R. Nishikawa, T. Kawahara, K. Osada, K. Toh, M. Abe, H. Tian, S. Kabayama, K. Otsubo, S. Morisawa, Y. Katakura, S. Shirahata // Biological & Pharmaceutical Bulletin. 2008. V. 31(1). P. 19-26.
31. Чубирко Ю.М. Изучение влияния электроактивированных водных растворов на острое воспаление у белых крыс / Ю.М. Чубирко, А.Г. Чубирко, К.М. Резников // Аллергология и иммунология, 2008. Т. 9, № 1. С. 151.
32. Брездынюк А.Д. Влияние электроактивированных водных растворов на репродуктив-



ную функцию: автореф. дисс. кандидата медицинских наук. Курск, 2007. 22 с.

33. Левченко Ю.А. Влияние электроактивированных водных растворов натрия хлорида на водно-солевой обмен организма: автореф. дисс. кандидата медицинских наук. Курск, 2008. 24 с.

34. Аракелян К.К. Физиологическое обоснование лечебно-профилактической эффективности вариантов применения гипохлорита и куликовского цеолита при диспепсии телят: дисс. кандидата биологических наук. Благовещенск, 2004. 146 с.

35. Сабитова Е.Б. Исследование психотропных свойств электроактивированных водных растворов / Е.Б. Сабитова, Е.А. Семёнова, К.М. Резников // Психофармакология и биологическая наркология. 2007. Т. 7. (Спец. вып.). С. 1928.

36. Гомбоев Д.Д. Факторы малой интенсивности в функциональной системе водной среды организма животных (обзор литературы) // Ветеринарная патология, 2007. № 4. С.45-49.

37. Nishikawa R. Electrolyzed reduced water supplemented with platinum nanoparticles suppresses promotion of two-stage cell transformation / R. Nishikawa, K. Teruya, Y. Katakura, K. Osada, T. Hamasaki, T. Kashiwagi, T. Komatsu, Li. Yuping, Y. Jun, A. Ichikawa, K. Otsubo, S. Morisawa, X. Qianghua, S. Shirahata // Cytotechnology, 2005. V. 47, № 1-3. P. 97-105.

38. Oda M. Electrolyzed and natural reduced water exhibit insulin-like activity on glucose uptake into muscle cells and adipocytes / M. Oda, K. Kusumoto, K. Teruya, T. Hara, T. Maki, S. Kabayama, Y. Katakura, K. Otsubo, S. Morisawa, H. Hayashi, Y. Ishii, S. Shirahata // in Animal Cell Technology: Products from Cells, Cells as Products. Proceedings of the 16th ESACT Meeting April 25-29, 1999, Lugano, Switzerland. P. 425-427.

39. Park S.K. Electrolyzed-reduced water inhibits acute ethanol-induced hangovers in

Sprague-Dawley rats / S.K. Park, X.F. Qi, S.B. Song, D.H. Kim, Y.C. Teng, Y.S. Yoon, K.Y. Kim, J.H. Li, D. Jin, K.J. Lee // Biomed. Res. 2009. V. 30(5). P. 263-269.

40. Карпов П.А. Возможности коррекции общей адаптационной реакции электроактивированной водой у женщин с нарушением липидного обмена в процессе предгравидарной подготовки / П.А. Карпов, А.П. Григоренко, А.Ю. Иванова // Материалы IV съезда акушеров-гинекологов России. М., 2008. С. 110-111.

41. Гридин А.А. Применение электроактивированных водных растворов в лечении больных с гнойными ранами: автореф. дисс. кандидата медицинских наук. Воронеж, 2005. 17 с.

42. Аджиджи Ю.А. Эффективность лечения хронического генерализованного пародонтита средней степени на основе применения электроактивированных водных растворов автореф. дисс. кандидата медицинских наук. Воронеж, 2009. 23 с.

43. Латышева Ю.Н. Эффективность электроактивированных водных растворов в комплексной терапии хронического генерализованного пародонтита легкой степени: автореф. дисс. кандидата медицинских наук. Воронеж, 2008. 23 с.

44. Абу Гоуш Мохаммад А.М. Исследования эффективности применения электроактивированных водных растворов в комплексном лечении псориаза: дисс. кандидата медицинских наук. Курск, 2009. 161 с.

45. Резников К.М. Системный анализ безопасности и фармакологических свойств электроактивированных водных растворов / К.М. Резников, Ю.Н. Латышева, Ю.А. Левченко, Е.Б. Сабитова // Системный анализ и управление в биомедицинских системах, 2008. Т. 7, № 2. С. 409-413.



K.S.Golokhvast, D.S. Ryzhakov, V.V. Chayka, A.N.Gulkov

## APPLICATION POTENTIAL OF SOLUTION ELECTROCHEMICAL ACTIVATION

A brief review of recent publications on the application of electrochemical activation in many

branches of science and industry has been represented.

**Key words:** electrochemical activation, catholyte, anolyte





# ОБЗОР ПАТЕНТОВ

Номер: **2408545**

Дата выдачи: **10.01.2011**

Название:

**КОНТЕЙНЕР ДЛЯ ЖИДКОСТИ**

АВТОРЫ: Р.А. Аретт, Н.С. Бройлес,  
Д.И. Коллиас, В.Д. Крузен,  
Д.Д. Эммонс, Д.А. Макданиэль

ПАТЕНТОДЕРЖАТЕЛЬ:

ПЮР УОТЕР ПЬЮРИФИКЕЙШН ПРОДАКТС,  
ИНК.

**И**зобретение относится к контейнеру для жидкости с системой дозирования добавки. В качестве добавки могут быть использованы питательные вещества, витамины, ароматизаторы и т.п. Контейнер 10 содержит первую камеру 22 для содержания жидкости и систему дозирования добавки 100, не сообщающуюся с первой камерой. Система дозирования добавки содержит первый резервуар 139, содержащий расходуемую добавку, и насос 150, выполненный с возможностью избирательной работы для дозирования некоторого количества добавки из резервуара 139. Насос содержит впускной обратный клапан, сообщающийся с резервуаром 139, диафрагму, расположенную перед впускным обратным клапаном, и выпускной обратный клапан, расположенный на диафрагме. Выпускной обратный клапан открывается, когда к диафрагме прикладывается давление, чтобы дозировать определенное количество добавки. Контейнер содержит второй резервуар для добавки 26, изолированный от первой камеры 22, расположенный рядом с системой дозирования добавки 100 так, что он может принимать и содер-

жать добавку, дозируемую из системы 100. Внутренняя поверхность резервуара 26 и поверхность, расположенная ниже и рядом с системой 100, являются ультрагидрофобными, ультраполиофобными или ультрачистыми. Технический результат: эффективность очистки воды, упрощение очистки контейнера, уменьшение роста бактерий в нем.

Номер: **2408544**

Дата выдачи: **10.01.2011**

Название:

**СПОСОБ ОЧИСТКИ ВОДЫ  
ОТ СЕРОВОДОРОДА**

АВТОРЫ: С.А. Ассаулюк, М.И. Макаров,  
С.В. Божко, М.В. Щепочкин

ПАТЕНТОДЕРЖАТЕЛЬ:

С.А. Ассаулюк, М.И. Макаров

**И**зобретение относится к технологии очистки природных подземных вод от сероводорода и может быть использовано при подготовке подземных вод для водоснабжения населенных пунктов. Для осуществления способа проводят насыщение воды кислородом воздуха и фильтрование через слой незатопленной каталитической загрузки из антрацита. При этом насыщение воды кислородом воздуха проводят одновременно с ее фильтрованием путем создания непрерывной тяги потока воздуха через слой каталитической загрузки с крупностью зерен 5-8 мм. Концентрацию растворенного кислорода в воде обеспечивают равной 8-9 мг/л. После фильтрования проводят регенерацию загрузки путем заполнения ее водой

и попеременной продувки воздухом в направлении расширения слоя загрузки с интенсивностью, достаточной для отрыва частиц осевшей на поверхности загрузки серы. Способ обеспечивает повышение скорости очистки воды с повышенной концентрацией сероводорода, позволяет уменьшить размеры фильтров и значительно сократить площади, занимаемые оборудованием для очистки воды.

Номер: **2407000**

Дата выдачи: **20.12.2010**

Название:

### **СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОНОНИТРОФЕНОЛОВ В ВОДНЫХ СРЕДАХ**

АВТОРЫ: И.В. Груздев, Б.М. Кондратенко,  
Г.Н. Пашнин

ПАТЕНТОДЕРЖАТЕЛЬ:

Институт биологии Коми научного центра  
Уральского отделения Российской  
академии наук

**И**зобретение относится к аналитической химии органических соединений (концентрирование и определение) и может быть использовано для санитарно-эпидемиологического контроля питьевых вод, воды объектов, имеющих рыбохозяйственное значение, а также степени очистки сточных вод различных химических производств. Способ определения моонитрофенолов в водных средах включает их химическую модификацию в ацетаты, проводимую в две стадии с применением на первой стадии в качестве реагента-модификатора брома в количестве 0,01-0,05% от массы водной пробы в присутствии глицина, экстракционное концентрирование бромпроизводных толуола, ацилирование в среде уксусного ангидрида и газохроматографическое детектирование полученных ацетатов бромпроизводных моонитрофенолов с использованием детектора электронного захвата.

Номер: **2404850**

Дата выдачи: **27.11.2010**

Название:

### **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СОРБЕНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

АВТОРЫ: М.А. Гавриленко, О.В. Ветрова

ПАТЕНТОДЕРЖАТЕЛЬ:

Государственное образовательное  
учреждение высшего профессионального  
образования «Томский государственный  
университет»



**И**зобретение относится к промышленности и экологии и может быть использовано для очистки природных и искусственных водоемов, сточных вод и жидких отходов производств. Способ получения сорбента для очистки воды от органических веществ включает обработку модифицированного силикагеля гуминовыми кислотами, в котором силикагель фракции 0,1-0,5 мм модифицируют полигексаметиленгуанидином (ПГМГ), промывают, обрабатывают при рН 8-9 гуминовыми кислотами – водорастворимой фракцией торфа, подвергают повторной промывке и сушат при температуре 70-80°C на воздухе или при температуре 40-50°C и давлении 700-730 мм рт.ст. в ротарном испарителе. Получен высокопористый механически прочный материал с большой удельной поверхностью, способный поглощать нефтепродукты, органические загрязнители за счет высоких свойств поверхности.

Номер: **2404139**

Дата выдачи: **20.11.2010**

Название:

### **БИОПРЕПАРАТ ДЛЯ ОЧИСТКИ МОРСКОЙ ВОДЫ ОТ НЕФТИ**

АВТОРЫ: И.Ю. Куликова, И.С. Держинская  
ПАТЕНТОДЕРЖАТЕЛЬ:

Общество с ограниченной ответственностью  
«ЛУКОЙЛ-Нижевожскнефть»,  
Федеральное государственное  
образовательное учреждение Высшего  
профессионального образования  
Астраханский государственный  
технический университет (ФГОУ ВПО АГУ)

**И**зобретение относится к средствам борьбы с нефтяным загрязнением и может быть использовано при ликвидации последствий аварийных нефтяных разливов в море. Биопрепарат на основе углеводородокисляющего штамма *Phyllobacterium myrsinacearum* ВКПМ В-9079 получен путем последовательного культивирования штамма на среде с пептоном, сахарозой, источником фосфора, калия, магния, и на среде с кукурузным экстрактом, сахарозой, источником фосфора, калия, магния. С последующим разведением полученного концентрата стерильной дистиллированной водой, в которую добавляют (г/л): концентрат бактериальной суспензии – 100,0; меласса – 20,0;  $K_2HPO_4$  – 1,5;  $KH_2PO_4$  – 1,5;  $MgSO_4$  – 1,5, или смешивание полученного концентрата с 15% раствором мелассы и водой в соотношении 1:1:1, инокулирование полученной смесью стерильного вермикулита, вспученного с последующим поверхност-

ным культивированием в течение 3-5 дней при 18-20°C. Биопрепарат эффективно и в короткий срок утилизирует нефтяные углеводороды, в том числе полиядерные ароматические. Убыль суммарных нефтяных углеводородов через 15 суток очистки жидким биопрепаратом составила 84,1%, сухим биопрепаратом – 78,1%. Применение жидкой формы биопрепарата снизило суммарное содержание ПАУ на 75,2%, сухой формы – на 76,9%.



Номер: **2404930**

Дата выдачи: **27.11.2010**

Название: **СПОСОБ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ КРАСИТЕЛЕЙ**

АВТОРЫ: А.Б. Исаев, З.М. Алиев,  
Н.А. Закаргаева

ПАТЕНТОДЕРЖАТЕЛЬ:

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Дагестанский государственный университет

**И**зобретение относится к способам очистки сточных вод от красителей фотокалалитическим окислением под давлением кислорода и может быть использовано при очистке сточных вод от азокрасителей в текстильной промышленности. Для осуществления способа проводят очистку от азокрасителей в ячейке с нанодисперсным фотокалалитизатором  $Fe_2O_3$  при облучении дневным светом и давлении кислорода 0,3 МПа без подачи дополнительного напряжения на ячейку. Способ обеспечивает интенсификацию процесса обезвреживания азокрасителей за счет увеличения скорости восстановления кислорода активных частиц и снижение энергетических затрат. Экономичность процесса достигается использованием дневного света и дешевых, доступных наноразмерных фотокалалитизаторов при обработке сточных вод, содержащих красители.

Номер: **2404478**

Дата выдачи: **20.11.2010**

Название:

**УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ ЛАМПА ДЛЯ УСТРОЙСТВ ОЧИСТКИ ВОДЫ**

АВТОРЫ: Б.Д. Зайаз, Д.Д. Чанканелли

ПАТЕНТОДЕРЖАТЕЛЬ: ЛАЙТСОРСЕЗ, ИНК.

**И**зобретение относится к области электротехники, в частности к изготовлению ультрафиолетовых ламп для устройств очистки воздуха и воды. Лампа содержит контактные штырьки, установленные на ее торцевом

колпачке и выступающие наружу вдоль продольной оси торцевого колпачка. Контактные штырьки смещены одни относительно других вдоль продольной оси. Торцевой колпачок имеет полукруглые параллельные поверхности на одном конце, так что контактные штырьки выступают наружу от соответствующих параллельных полукруглых поверхностей. Между полукруглыми поверхностями перпендикулярно проходит барьерная стенка. В первом варианте осуществления изобретения от указанной барьерной стенки вдоль по меньшей мере части нижней полукруглой поверхности отходит выступ. Выступ доходит до верхней полукруглой поверхности. В альтернативном варианте в граничной стенке выполнен паз, который также проходит между верхней и нижней полукруглыми поверхностями. За счет выполнения торцевого колпачка ступенчатой формы с выступом или пазом, который проходит по середине торцевого колпачка вдоль барьерной стенки, улучшается соединение между лампой и патроном и обеспечивается правильное положение контактных штырьков в гнездах патрона, что является техническим результатом изобретения.

Номер: **2408542**

Дата выдачи: **10.01.2011**

Название:

**СПОСОБ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

АВТОРЫ: Т.И. Халтурина, Т.А. Курилина,  
Г.М. Зограф

ПАТЕНТОДЕРЖАТЕЛЬ:

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет»

**И**зобретение относится к способам очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов гальванокоагуляцией. Способ включает пропускание воды с диспергированием воздуха через загрузку из смеси железной стружки и гранулированного углеродсодержащего материала. В качестве углеродсодержащего материала используют углеродминеральный сорбент на основе руд скрытокристаллического графита. Очистку воды ведут также при одновременном воздействии на нее асимметричного переменного тока. Гальванокоагулятор содержит цилиндрический металлический корпус с верхней и нижней диэлектрическими крышками и размещенной в нем загрузкой из смеси железной стружки и углеродминерального сорбента на основе руд скры-

токристаллического графита, при этом корпус снабжен дренажным диском, патрубками подачи и отвода воды, установленными соответственно ниже и выше загрузки, диспергирующей перегородкой, расположенной под патрубком подачи воды, патрубком подачи воздуха, установленным под диспергирующей перегородкой, размещенным в загрузке центральным анодом, закрепленным в верхней крышке, и системой анодов из неизолированных от загрузки стальных стержней, расположенных вокруг центрального анода. Корпус, являющийся катодом, изолирован изнутри и снаружи, при этом внутренняя изоляция выполнена из перфорированного диэлектрического материала. Технический результат заключается в повышении производительности и достижении стабильности и эффективности процесса очистки воды в экономически выгодных условиях при использовании более дешевых расходных материалов и усовершенствовании конструкции устройства.

Номер: **2408411**

Дата выдачи: **10.01.2011**

Название:

#### **ФИЛЬТРУЮЩИЙ МАТЕРИАЛ И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ**

АВТОРЫ: Г.Г. Волокитин, Т.Д. Малиновская, И.А.Лысак, Г.В. Лысак, О.Д.Лукашевич

ПАТЕНТОДЕРЖАТЕЛЬ:

Г.Г. Волокитин, Т.Д. Малиновская, И.А.Лысак, Г.В. Лысак, О.Д.Лукашевич

Изобретение относится к производству фильтрующих антибактериальных материалов и может быть использовано для комплексной очистки воды, водных растворов и других жидких сред. Фильтрующий материал содержит в качестве основы полимерный материал, полученный методом аэродинамического диспергирования расплава полимера из ряда полипропилена, поликарбоната или полиэтилентерефталата, имеющий диаметр волокна 0,1-60 мкм, на поверхности которого закреплены наночастицы серебра, так что ими покрыто 5-15% поверхности основы. Способ получения материала включает обработку основы водным раствором соли серебра, восстановление ионов серебра до образования наночастиц серебра на поверхности основы путем фотоактивации и воздействия СВЧ-излучения, промывку деминерализованной водой и сушку. Техническим результатом является получение материала, который обладает низким гидравлическим сопротив-



лением и высокими адсорбционными свойствами, а также снижение объема воды в процессе его получения при минимальных временных затратах.

Номер: **2405847**

Дата выдачи: **10.12.2010**

Название:

#### **СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ РЕНИЯ (VII) ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА**

АВТОРЫ: Л.А.Воропанова, Ф.А. Гагиева

ПАТЕНТОДЕРЖАТЕЛЬ: Л.А. Воропанова

Изобретение относится к области извлечения веществ с использованием сорбентов и может быть использовано в цветной и черной металлургии, а также для очистки промышленных стоков, в частности к способу извлечения ионов Re (VII) из водного раствора. Способ сорбции рения (VII) из водного раствора включает контакт раствора и сорбента при  $pH < 5$ . При этом в качестве сорбента используют предварительно обработанный водой или кислотой активированный костный уголь. Техническим результатом изобретения является эффективность извлечения ионов Re (VII) из водного раствора.

Номер: **2407005**

Дата выдачи: **20.12.2010**

Название:

#### **СПОСОБ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ГИДРОКИНОНА ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ**

АВТОРЫ: Л.А. Харитоновна, А.С.Гуляева

ПАТЕНТОДЕРЖАТЕЛЬ:

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежская государственная технологическая академия»

Изобретение относится к аналитической химии органических соединений применительно к аналитическому контролю сточных вод, поступающих на биологическую очистку. Способ включает экстракционно-сорбционное концентрирование сорбентом пенополиуретаном, модифицированным трибутилфосфатом, причем в качестве сорбента применяют эластичный пенополиуретан, на который предварительно наносят модификатор трибутилфосфат в массовом соотношении эластичный пенополиуретан: трибутилфосфат 1:(1,5-1,9). Достигается повышение степени концентрирования и эффективности извлечения.



# ИЗУЧЕНИЕ симбиотического сообщества БАЙКАЛЬСКИХ ГУБОК С ПОМОЩЬЮ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ АКВАРИУМНЫХ УСТАНОВОК

**Впервые на базе Лимнологического института Сибирского отделения Российской академии наук создан и функционирует с июля 2009 года холодноводный «Пресноводный аквариумный комплекс» (ПАК) как Центр коллективного пользования. Он включает проточные и замкнутые аквариумные установки с регулированием факторов среды (температуры, светового режима, pH, содержания кислорода и др.). Его применение позволяет проводить эксперименты и наблюдения, неосуществимые в естественных условиях.**

ПАК дает возможность для применения комплекса современных методов биохимического анализа (тонкослойная хроматография, газожидкостная хроматография, высокоэффективная жидкостная хроматография и масс-спектрометрия) изучаемых объектов. Это позволяет эффективно, быстро, с высокой степенью чувствительности обнаруживать изменения биологически активных веществ в живых организмах и оценивать взаимодействия внутри сложных симбиотических сообществ, выявлять особенности их развития. ПАК позволяет также получать устойчивые аквакультуры отдельных компонентов сообщества, с оценкой их изменчивости. В статье приводятся результаты исследований с применением ПАК симбиотического сообщества байкальской губки *Lubomirskia baicalensis* (Pallas, 1771) при инкубации её в течение 6 месяцев.

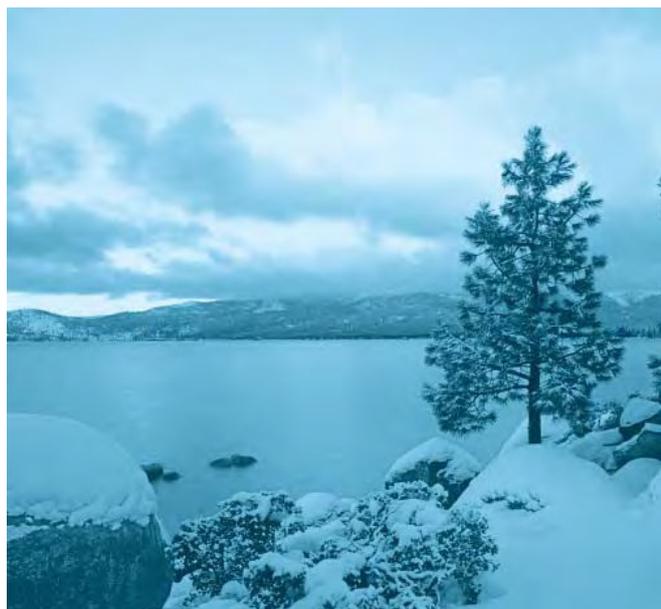
## Введение

**В** настоящее время в мировой практике вопросы совершенствования методов искусственного разведения ценных гидробионтов выдвигаются на первый план. Острая необходимость повышения эффективности искусственного воспроизводства гидробионтов требует внесения существенных изменений в применяемую на предпри-

**А.В. Глызин\***,  
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Байкальского музея Иркутского научного центра Сибирского отделения РАН

**О.Ю. Глызина**,  
кандидат биологических наук, руководитель ЦКП «Пресноводный аквариумный комплекс», старший научный сотрудник Лимнологического института Сибирского отделения Российской академии наук

**С.А. Любченко**,  
ведущий инженер Лимнологического института Сибирского отделения Российской академии наук



ятиях биотехнологию выращивания живого материала на всех этапах цикла развития организма. При создании эффективных технологий выращивания объектов аквакультуры на интенсивной основе используют в основном эколого-морфологический подход. В этом аспекте научные разработки по культивированию байкальских гидробионтов, особенно беспозвоночных животных, отсутствуют, возможно, из-за сложности их содержания и культивирования в искусственных условиях. Это, в частности, привело к тому, что основной объем исследований биоты озера Байкал приходится на работы систематико-фаунистического направления. При этом аспекты экологии и биохимии байкальских гидробионтов остаются практически неизученными. Эколого-биохимические исследования гидробионтов озера Байкал также носят спорадический характер или выполнены по устаревшим методикам [1,2,3]. В настоящее время также существует

\* Адрес для корреспонденции: Glizin@mail.ru

проблема длительного содержания сообщества байкальских губок в живых музейных экспозициях Байкальского музея ИНЦ СО РАН, даже с использованием проточных аквариумных систем.

С целью решения этой проблемы были созданы экспериментальные комплексы аквариумных установок на базе Байкальского музея ИНЦ СО РАН, являющихся частью естественного водоема (проточный водообмен с озером Байкал) и «Пресноводный аквариумный комплекс» (ПАК) на базе Лимнологического института Сибирского отделения Российской академии наук (ЛИН СО РАН). Технологическое решение общей конфигурации ПАК ЛИН СО РАН определялось наличием пользователей с разными интересами. Комплекс работает на основе модульного принципа. Каждый модуль представляет собой автономную независимую установку (блок). Решение основных технических и научно-методических вопросов основывается на следующих принципах:

- ♦ выбор оптимальных биотехнологических режимов аквариумного содержания гидробионтов;
- ♦ периодический контроль основных параметров природной байкальской и водопроводной воды;
- ♦ организация круглогодичного содержания и культивирования пресноводных организмов для обеспечения научного процесса ЛИН СО РАН и других институтов;
- ♦ периодического пополнения ПАК байкальской водой и гидробионтами из озера Байкал и его притоков.

В ПАК установлен комплект приборов, обеспечивающих авторегуляцию условий содержания гидробионтов и постоянное наблюдение за исследуемыми объектами при

#### Ключевые слова:

холодноводный  
пресноводный  
аквариумный  
комплекс,  
гидробионты,  
озеро Байкал

непрерывных, длительных экспериментах (насосы, охлаждающие инкубаторы, циркулирующие термостаты и другое оборудование). При их использовании можно применять не только традиционные биологические методы, но и высокочувствительные биохимические методики для выявления биохимических взаимодействий, как между самими организмами, так и между ними и средой обитания.

С целью определения эффективности использования ПАК для изучения байкальских гидробионтов, отличающихся узкой экологической амплитудой первые исследования были проведены на примере древнейших среди водных беспозвоночных животных Байкала – губках.

#### Материалы и методы исследования

Объектом нашего исследования выбран наиболее массовый вид крупной ветвистой губки *Lubomirskia baicalensis* (Pallas, 1771), распространенной преимущественно в районе Южного и Среднего Байкала и образующий сложное симбиотическое сообщество.

Многочеточные губки – типичные фильтраторы, питающиеся органической взвесью, простейшими и бактериями. Недифференцированные клетки губок – архециты способны возобновляться и дифференцироваться в другие клетки животного. Архециты можно считать эмбриональными стволовыми клетками губок. В настоящее время наблюдается рост научных работ, посвященных культивированию морских губок [2,3], потому что среди гидробионтов именно губки продуцируют наибольшее количество



**Таблица 1**

Химический состав использованной при проведении экспериментов по инкубации губки байкальской природной и водопроводной воды г.Иркутска

Вода	Жесткость	рН	O <sub>2</sub> (мг/л)	Si (мг/л)	Fe (мг/л)	Содержание ионов (мг/л)				
						NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>
Байкальская	1,17	7,5	11,7	0,67	0,02	0,055	0,49	3,04	0,25	0,00
Водопроводная	1,05	7,1	3,5	1,0	0,1	0,004	0,03	3,01	0,25	0,32
Водопроводная после очистки	1,04	7,0	3,0	0,51	0,08	0,003	0,01	3,00	0,17	0,05

самых разнообразных биологически активных веществ.

Байкальские губки это сложные симбиотические сообщества включающие эндо- (микроводоросли, бактерии) и экзосимбионтов (амфиподы, моллюски, ручейники, олигохеты) [2]. Большинство организмов, входящих в симбиотическое сообщество, являются эндемиками озера Байкал. Все они тесно включены в физиологические процессы самой губки и определяют гетеро- или автотрофный способ её питания. Предыдущими исследованиями [4] было определено, что в сообществе байкальских губок существуют следующие трофические взаимодействия: водоросли → бактерии, губка → водоросли, губка → бактерии, бактерии → губка, водоросли → губка, которые хорошо прослеживаются с помощью маркерных жирных кислот. Это связано с тем, что губки содержат свойственные только им длинноцепочечные жирные кислоты, которые, возможно, используются симбионтами этих древнейших организмов. Жирные кислоты самих губок значительно отличаются от липидов более развитых беспозвоночных животных и, прежде всего, присутствием характерных «демоспонгиевых» кислот – их биосинтез выявлен только в организмах губок. Жирные кислоты, которые губка получает от симбиотических водорослей короткоцепочечные, причем многие из них могут синтезироваться, только водорослью, другие же организмы получают их только через пищевую цепь [4]. При этом в липидном экстракте губок большая доля приходится на хлорофиллы – основные пигменты симбиотических водорослей [5]. Содержание этих пигментов меняется в значительных пределах в зависимости от условий обитания водорослей и всего симбиотического сообщества.

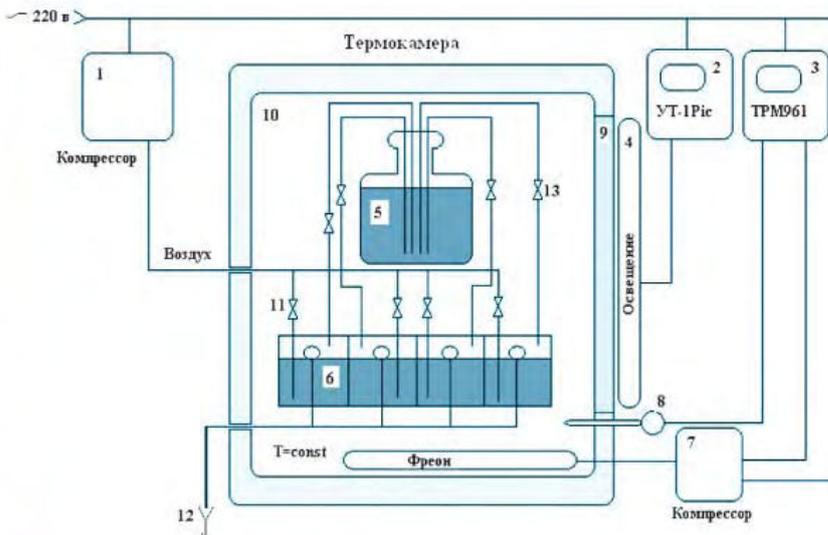
В качестве исходного образца для исследований служила губка, собранная с глубины 10 м в южной части озера Байкал. Для исключе-

ния влияния на ход дальнейших исследований стрессовых реакций переселенной в искусственные условия губки и её адаптации колонии губок содержали в течение 14 дней в стеклянных аквариумах при температуре 8-120 °С в условиях проточной водопроводной и байкальской природной воды, при 12 часовом световом режиме. Для взрослых губок использовали тридцатилитровые установки, а для молодых губок – однолитровые. В течение всего эксперимента основным способом питания губок был автотрофный. При этом среди эндосимбионтов были выделены: зоохлореллы [6]; кокки из рода *Micrococcus*; споровая палочка из рода *Bacillus*; дрожжи из рода *Rodoforula*; сферические дрожжеподобные клетки *Azomonas agilis* и палочки из рода *Pseudomonas* [3,7]. Из экзосимбионтов на губке вели активный образ жизни амфиподы *Brandtia parasitica*.

Наблюдение за ростом и развитием губок при точном контроле потока воды, освещения и температуре проводилось в течение 6 месяцев. В результате этого была доработана методика длительного содержания симбиотических организмов в аквариумах, которая позволила продолжить изучение взаимоотношений её эндо- и экзосимбионтов.

Исследования проводились с использованием проточной байкальской и водопроводной вод, ниже приведены их сравнительные характеристики по наиболее важным для жизнедеятельности губок показателям (табл.1).

Водопроводная вода закачивалась из центральной системы водоснабжения (р. Ангара) в ЦКП ПАК Лимнологического института (г. Иркутск). Вода была дополнительно очищена с использованием двухступенчатого фильтра «Аква-Фэлп», состоящего из полипропиленового фильтрующего элемента с пористостью 1 мкм и угольного, импрегнированного серебром («Воронеж-Аква», Россия) и дополнительно насыщалась кис-



**Рис. 1.** Проточная система аквариумов: слева – общий вид (фото Глызиной О.Ю.), справа – схема (Любочко С.А.): 1 – компрессор; 2,3 – контроллеры освещения и температуры; 4, 9 – люминесцентные осветители и светофильтры; 5 – аквариум с проточной водой; 6 – аквариумы; 7 – компрессор; 8 – датчик температур; 10 – термокамера; 11 – кран; 12 – слив воды.

лородом. Байкальская природная вода помещалась в созданную сотрудниками института холодильную установку с проточной системой аквариумов (рис. 1). Для поддержания в больших аквариумах пониженной температуры 8-12 °С использовали прибор ТРМ202 («Овен», Россия), регулирующий с помощью электромагнитного клапана поток холодной водопроводной воды в теплообменник. В качестве источников света использовали три фотолюминесцентных светильника ЛПБ 2004А-1. Режим освещения день-ночь обеспечивали таймером УТ1-Рис («Овен», Россия). Освещенность составляла  $200 \mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Воду в аквариумах барботировали пропущенным через фильтр сжатым воздухом. Состав воды регулярно контролировали, рН поддерживали в области 7,5 – 7,8, периодически снабжая среду углекислым газом. Методики биохимических анализов колоний губок приведены в предыдущих работах [2,4,5,7].

### Результат и их обсуждения

Экспериментальный комплекс с регулированием факторов среды обитания позволил обнаружить некоторые особенности функционирования симбиотического сообщества байкальской губки в искусственных условиях.

Так, содержание губки в протоке водопроводной воды, дополнительно обогащенной кислородом, показало, что влияние повышенной температуры на развитую колонию

губки далеко не всегда приводит к ее гибели. В условиях проведенного эксперимента температура воды была поднята на 50 °С, что вызвало угнетение колонии губки и образование редуционных телец – «клеточных скоплений, состоящих из группы амебоцитов, одетой снаружи клетками кроющего эпителия. С наступлением благоприятных условий из этих редуционных телец развиваются новые губки» [8]. Такого явления у байкальских губок до настоящего момента



**Рис. 2.** Байкальская губка *Lubomirskia baicalensis* живущая в проточной водопроводной воде в период выхода личинок (фото Короткоручко В.А.).



**Рис. 3.** Редукционные тела губки, слева – на поверхности тела губки (фото Глызиной О.Ю.), справа – самостоятельное развитие редукционных тел (фото Дидоренко С.И.).

не описывалось в научной литературе. К тому же эти искусственно измененные условия вызвали активизацию полового размножения губок – ранний выход личинок. Судя по изменению состава маркерных жирных кислот и хлорофиллов, определяющих трофические взаимодействия симбионтов, у внешне здоровой губки (рис.2), наблюдается изменение роли авто- и гетеротрофного питания, ослабляется фильтрационная способность, усиливается рост бактериальных эндосимбионтов и снижается активность амфипод [4,5,7].

Проведенные нами исследования показали, что после трёх месяцев инкубации губки в проточной водопроводной воде происходят следующие изменения в функционировании сообщества: достаточно быстро снижается массовая доля водорослей в общей массе эндосимбионтов, но видовой их состав не меняется; снижается общее количество демоспонгиевых кислот; изменяется состав эндосимбионтов бактериального происхождения [7], а после шести месяцев инкубации на поверхности тела губки появляются редукционные тельца, в которых большую часть занимают клетки симбиотических водорослей. Через 20-25 дней эти тела отсоединяются от губки и начинают самостоятельное развитие (рис. 3). В контрольных опытах, где колонии губок жили на проточной байкальской природной воде в практически естественных для них условиях, таких изменений функциональных показателей жизни симбиотического сообщества байкальской губки не выявлено.

## Заключение

**В** результате работы было доказано, что длительное нахождение и содержание пресноводных байкальских губок в ПАК позволяет выявлять их адаптивные реакции, а сами губки путем постепенного

перехода в другие условия обитания сохранять жизненно важные свойства сложного симбиотического сообщества.

Культивирование колоний губок и их редукционных тел губок *in vitro* с применением ПАК в течение длительного времени позволило создать управляемую живую модель в экспериментально контролируемых условиях.

Использование ПАК позволило сократить смертность организмов и ускорить их адаптацию к обитанию в искусственных условиях. Это дает возможность в дальнейшем исследовать процессы роста, дифференциации и физиологические функции клеток губки, идентифицировать белки, вовлеченные в процесс биоминерализации и расшифровать их гены; исследовать спектр вторичных метаболитов губки в различных условиях.

Проведенные нами исследования подтвердили, что снижение функциональных показателей всего симбиотического сообщества губки при содержании в аквариумах начинается задолго до того, как это проявится внешне. Таким образом, для успешного содержания эндемичных видов гидробионтов, особенно сложных симбиотических сообществ, желателен комплекс современных методов исследования гидробионтов, которые позволяют быстро и с высокой степенью чувствительности обнаруживать изменения жизненного состояния организмов, содержащихся в аквариумах.

В дальнейшем использование этих экспериментальных аквариумных комплексов позволит не только выявить новые особенности жизни гидробионтов экосистемы ультраолиготрофного озера Байкал, оценить их изменчивость в искусственных и естественных условиях, но и получить устойчивые аквакультуры ценных видов. Подобные «пилотные» исследования с помощью модельных установок и при хорошем планировании и выполнении приносят дополнительную пользу помимо практических и прикладных научных результатов по изучению, содержанию и культивированию гидробионтов в искусственных экосистемах. Часто проблемы, возникающие при отборе проб или при повседневном наблюдении за гидробионтами, удастся разрешить только после проведения специальных модельных исследований в искусственных экосистемах.

Исследования с помощью усовершенствованных аквариумных установок со сложным многоуровневым (многопозиционным) набором датчиков и автодозаторов могут вносить значительный вклад в фундаментальные теоретические знания, направленные



ные на повышение благополучия гидробионтов и сохранение их видов *ex situ* и *in situ*.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории гидрохимии и химии атмосферы Лимнологического института СО РАН за помощь в исследовании проб воды. Работа выполнена при поддержке целевой программы РАН «Виварии».

#### Литература

1. Ефремова С.М. Проблемы и перспективы изучения байкальских губок. // Новое о фауне Байкала. 1982. С. 38-43.
2. Kamaltynov R.M., Chernykh V.I., Slugina Z.V., Karabanov E.B. The conorcium of the sponge *Lubomirskia baikalensis* in Lake Baikal, East Siberia. *Hydrobiologia*, 1993, 271.- p.179-189.

3. Жукова Н.В. Участие симбионтов в биосинтезе липидов байкальской губки *Lubomirskia baikalensis* // Байкал – природная лаборатория для исследования изменений окружающей среды и климата, Иркутск, 1994. Тез. докл. – Иркутск: ЛИСНА. 1994. Т. 5. С. 112.

4. Latyshev N.A., Zhukova N.V., Efremova S.M., Imbs A.B., Glysina O.I. Effect of habitat on participation of symbionts in formation of the fatty acid pool of freshwater sponges of Lake Baikal. // *Comp. Biochem. Physiol.* 1992. № 102B (4). С.961-965.

5. Глызина О.Ю., Барам Г.И. Исследование фотосинтетических пигментов симбиотических водорослей байкальских губок. // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2002. №10. С.301-305.

6. Masuda Y. Electron Microscopic Study on the Zoochlorellae of Some Freshwater Sponges // *Fine structure of freshwater sponge zoochlorellae*. 3d. *Ins. Sponge Conf.* 1985.- p.467-471.

7. Глызина О. Ю., Глызин А. В., Барам Г. И., Латышев Н. А. Индикаторы жизненного состояния байкальской губки при содержании в аквариумах с использованием масс-спектрометрии и жидкостной хроматографии // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2007. №15(6). С.659-662.

8. Жизнь животных. Под ред. Л.А. Зенкевич. М.: Просвещение, 1968. Том.1. С.193-220.

A.V. Glyzin, O.Yu. Glyzina, S.A. Lyubochko

## INVESTIGATION OF BAIKAL HYDROSIMBIANTS WITH PILOT AQUARIAN COMPLEXES

On the basis of Limnological research centre of Russian Academy of Sciences (Siberian Branch) fresh-water aquarian complex (FWAC) was constructed in July 2009. It has been still exploited as multiple-access centre. It includes running and closed aquarian complexes with environment parameter regulation (temperature, light conditions, pH, oxygen concentration etc.). Experiments which

couldn't be made in the field work are carried out in the centre. Modern biochemical analyses (thin-layer chromatography, gas-liquid chromatography, high-yield liquid chromatography, mass spectrometry) may be applied in FWAC. As a result effective and quick determination of bioactive substance change in life forms may be done with high precision. Sustainable aquacultures of certain

components can be obtained in FWAC. Results of FWAC investigation for symbiotic assemblage of Baikal sponge *Lubomirskia baikalensis* (6 month incubation period) are represented.

**Key words:** fresh-water aquarian complex, hydrobionts, lake Baikal

# ОТМЫВ НЕФТЕШЛАМА

## КОМПОЗИЦИЯМИ ПАВ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ БИОДЕСТРУКЦИЕЙ НЕФТИ В ОТРАБОТАННОМ РАСТВОРЕ

**В Институте химии нефти СО РАН разработан комплексный метод рекультивации нефтешламов с применением моющих композиций на основе поверхностно-активных веществ. После отмыва нефтешлама для ремедиации отработанного нефтезагрязненного раствора применяли коммерческий биопрепарат «Дестройл», содержащий углеводородо-кисляющую микрофлору. Уровень нефтезагрязнения в смывном растворе за 20 суток понизился на 90 %. После биодеструкции отработанную смывную воду с раствором композиции можно применять вторично для отмыва новых порций шлама либо для других хозяйственных нужд.**

### Введение

**Д**ля окружающей среды на сегодняшний день все большую важность с экологической и экономической точки зрения приобретают процессы рециркуляции природных ресурсов. Известно, что в нефтяных амбарах различных нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий только по Российской Федерации накоплены сотни миллионов тонн токсичных нефтешламов. В связи с отсутствием современных эффективных промышленных технологий утилизации нефтешламов в зонах их складирования уже возникла реальная угроза токсичного экологического загрязнения почв, грунтовых вод, подземных вод, рек и морей. Поэтому проблема ликвидации нефтешламовых отходов актуальна практически в каждом нефтедобывающем регионе России [1]. Формирование нефтешламов происходит за счет нефти, солевых отложений и осадков, состоящих из твердой фазы с тяжелыми фракциями нефти, хемосорбированными на частицах песка и глины, смешанными с пластовой водой [2]. Состав механической и органической составляющих нефтешлама варьирует в широких пределах – механическая часть может быть представлена песком,

**Д.А. Филатов\***,  
кандидат  
биологических наук,  
научный сотрудник  
Института химии  
нефти Сибирского  
отделения Российской  
академии наук  
(ИХН СО РАН)

**Л.И. Сваровская**,  
кандидат  
биологических наук,  
старший научный  
сотрудник  
Института химии  
нефти Сибирского  
отделения Российской  
академии наук  
(ИХН СО РАН)



почвой, глиной и их смесью в различных соотношениях, органическая составляющая представлена нефтью, буровым раствором, асфальтосмолопарафинистыми отложениями (АСПО). Состав и свойства нефтешлама постоянно меняются при хранении в открытой среде, с течением времени отходы «стареют» вследствие испарения легких фракций, окисления и осмоления нефти, образования коллоидно-мицеллярных конгломератов, дополнительного загрязнения механическими примесями [3].

В мировой практике для очистки нефтешламов применяются технологии, основанные на экстрагировании растворителями, электрохимическом отделении органической части, сжигании в специальных печах, использовании нефтешламов в качестве добавок к топливу и материалам в дорожном строительстве. Широко распространены методы, основанные на естественной биодegradации органических загрязнителей углеводородо-

\* Адрес для корреспонденции: [Filatov@ipc.tsc.ru](mailto:Filatov@ipc.tsc.ru)



**Л.К. Алтунина,**  
доктор технических наук, профессор, заведующая лабораторией коллоидной химии нефти Института химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук (ИХН СО РАН)

кисляющей микрофлорой [4]. Каждая из этих известных технологий имеет свои преимущества и недостатки. Тем не менее, уже сейчас реально из нефтешламов получают много полезных продуктов, в частности, товарную нефть, топливо для котельных установок, некоторые строительные материалы. Общим недостатком всех известных технологий утилизации и переработки нефтешламов является их низкая производительность, высокие материальные, энергетические и финансовые затраты на их реализацию [5].

Результаты научных разработок в области охраны окружающей среды от загрязнений нефтью свидетельствуют о том, что экологически приемлемой альтернативой физико-химическому методу становится биологический способ очистки загрязненных грунтов и воды.

Институтом химии нефти СО РАН предложен комплексный метод рекультивации нефтешламов с применением моющих композиций на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ) и биопрепаратов, содержащих углеводородокисляющую микрофлору, для ремедиации отработанного нефтешламового раствора.

Характерным свойством ПАВ является их адсорбция на поверхности раздела фаз. При концентрации мицеллообразования выше критической ПАВ снижают межфазное натяжение на границе жидкость – твердое тело, жидкость – жидкость и жидкость – газ, что облегчает десорбцию нефтяных загрязнений с твердых поверхностей и переход их в раствор. При механическом воздействии частицы загрязнений сольбилизируются мицеллами ПАВ, что препятствует укрупнению частиц и оседанию их на поверхности. В результате частицы загрязнения во взвешенном состоянии стабилизируются в растворе и удаляются вместе с ним. На качество процесса очистки поверхности оказывают боль-

шое влияние ряд факторов, таких как природа загрязнения, температура процесса, время воздействия, концентрация и т.д. ПАВ со временем подвергаются полному биологическому разложению до углекислого газа и воды [6].

Однако следует отметить, что в каждом конкретном случае при выборе варианта обезвреживания и очистки нефтяных шламов для предприятий необходим дифференцированный подход с учетом как экологических, так и экономических показателей.

Целью данной работы была оценка эффективности композиции при отмыве нефтешлама и последующей биодеструкции остаточного нефтешламового загрязнения в смывной жидкости.

## Материалы и методы исследования

Объектом испытания моющих свойств композиций служил нефтешлам Советского месторождения Томской области. Для отмыва нефтешлама с концентрацией исходного загрязнения нефтью 70 г/кг использовали композицию в соотношении 1:1. В состав композиций входят нетоксичные биоразлагаемые ПАВ и буферная система для поддержания оптимальной щелочности. Компоненты буферной системы входят в цикл азота и фосфора, являясь минеральным питанием для углеводородокисляющей микрофлоры. Отмыв проводили композициями № 1 и № 2. В состав композиции № 1 помимо прочих компонентов входит бура ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$ ), в составе композиции № 2 бура отсутствует.

Для отмыва нефтешлама навески по 0.5 кг помещали в емкости и заливали раствором композиций в соотношении 1:1, тщательно перемешивали и отстаивали в течение 12 час. В результате отстаивания содержимое емкости разделялось на три слоя: верхний слой – отмытая нефть, средний слой – водный раствор композиции, загрязненный водорастворимой фракцией нефти и нижний слой – отмытый нефтешлам. Концентрацию нефтяного загрязнения в исходном шламе и после отмыва определяли гравиметрическим методом. Для этого нефтешлам высушивали при 50 °С до постоянного веса. Экстракцию нефтепродуктов из навески сухого шлама проводили хлороформом в аппарате Соклета. Хлороформ удаляли на роторном испарителе, нефтепродукты взвешивали и рассчитывали их процентное содержание. После биодеградации в жидкой среде остаточную нефть экстрагировали хлороформом в делительной воронке.

Повторность измерений в экспериментах трехкратная при постановке трех независимых серий опытов. Представленные результаты отражают усредненные величины.

Динамику численности микроорганизмов в процессе ремедиации отработанного раствора определяли методом посева на плотную агаризованную среду – мясопептонный агар [7]. Каталазную активность определяли газометрическим методом, дегидрогеназную – фотоколориметрическим методом [8].

Изменение структурно-группового состава полученных хлороформных экстрактов исследовали методом ИК-спектроскопии на ИК-Фурье спектрометре Nicolet 5700 по набору спектральных коэффициентов:

$C_1 = D_{1610}/D_{720}$  – коэффициент ароматичности, отношение содержания алкилбензолов к содержанию нормальных алканов;

$C_2 = D_{750}/D_{720}$  – коэффициент относительной интенсивности поглощения полициклических аренов и нормальных алканов;

$A_1 = D_{825}/D_{750}$  – коэффициент относительного содержания три- и полиаренов;

$A_2 = D_{875}/D_{720}$  – коэффициент относительного содержания триаренов и алканов;

$A_3 = D_{825}/D_{875}$  – коэффициент относительной интенсивности поглощения три- и биаренов;

$(D_{1710}/D_{1610})$  и  $(D_{1170}/D_{1380})$  – коэффициенты окисленности – определяются отношением интенсивности образования продуктов окисления углеводов  $C=O$  и связей  $C=C$  ароматических структур, а также определяется отношением  $C=O$  и связей  $CH_3$ .

Коэффициент разветвленности  $CH_3/CH_2 = D_{1380}/D_{720}$  определяется интенсивностью поглощения метильных и метиленовых структур.

Углеводородный состав нефти, загрязняющей отработанный водный раствор при

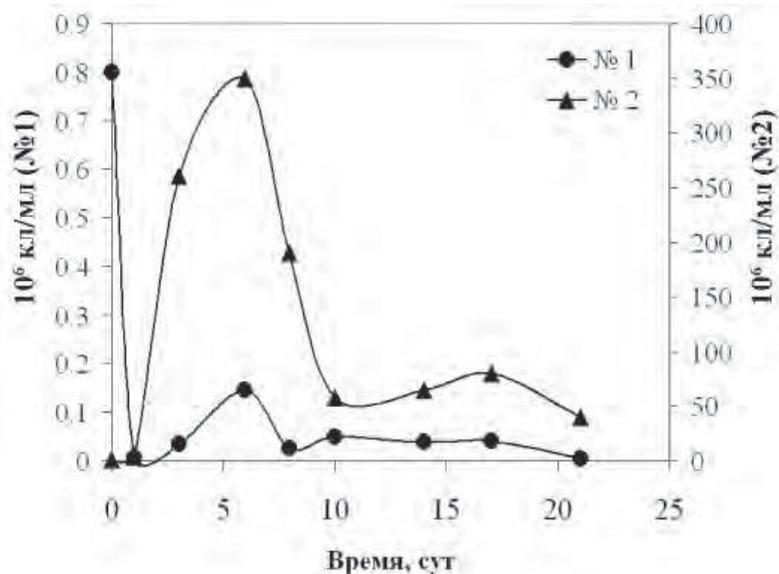
отмыве нефтешлама и после ремедиации с применением «Дестройла», исследовали методом газожидкостной хроматографии.

Для хроматографического анализа алифатических углеводородов экстракт нефти подвергали дополнительной очистке гексаном на колонке, заполненной окисью алюминия. Анализ проводили на хроматографе марки 3700 с пламенно-ионизационным детектором, капиллярной колонкой 25 м × 0,2 мм с неподвижной фазой SE 54 и программированием температуры от 50 до 290 °С, газ-носитель гелий. Индивидуальные углеводороды идентифицировали, учитывая известные порядки элюирования и величины индексов удерживания. Глубина биодеструкции УВ оценивалась по величине коэффициента биодegradации ( $K_{\text{биод.}}$ ), который равен отношению величины суммы пиков изоалканов (пристан+фитан) к сумме n-алканов ( $C_{17} + C_{18}$ ) [9].

## Результаты и их обсуждение

После отмыва нефтешлама раствором композиций ПАВ в соотношении 1:1 концентрация нефтезагрязнения понизилась от 7 до 2,1 (композиция № 1) и 2,2 % (композиция № 2). ПАВ (неонол), составляющее основу моющих композиций, обладает способностью к полному биоразложению, конечными продуктами которого являются вода и оксид углерода. Водный раствор композиции, кроме ПАВ, содержит фосфатно-боратную буферную систему, поддерживающую значение pH 8,7–9,5. Соединения азота и фосфора, как компоненты композиции, играют роль минерального питательного субстрата для углеводородоокисляющей мик-





**Рис. 1.** Динамика численности микроорганизмов-деструкторов в смывной воде после отмыва нефтешлама растворами композиций с добавлением биопрепарата «Дестройл».

рофлоры. Следовательно, отработанный нефтезагрязненный и разбавленный раствор композиции после отмыва нефтешлама представляет собой питательную среду для развития аборигенной или интродуцированной микрофлоры.

Ремедиацию нефтезагрязненной смывной жидкости проводили с добавлением биопрепарата «Дестройл» в концентрации 1.0 г/дм<sup>3</sup>. «Дестройл» представляет собой высушенные культуры углеводородокисляющих микроорганизмов, которые быстро восстанавливают жизнеспособность в жидкой среде. Их численность в 1 грамме препарата – не менее  $0,8 \times 10^9$  клеток. В процессе термостатирования отработанного раствора композиции

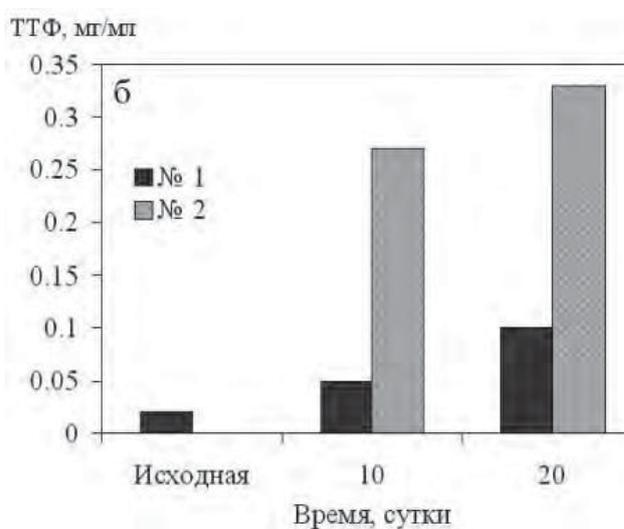
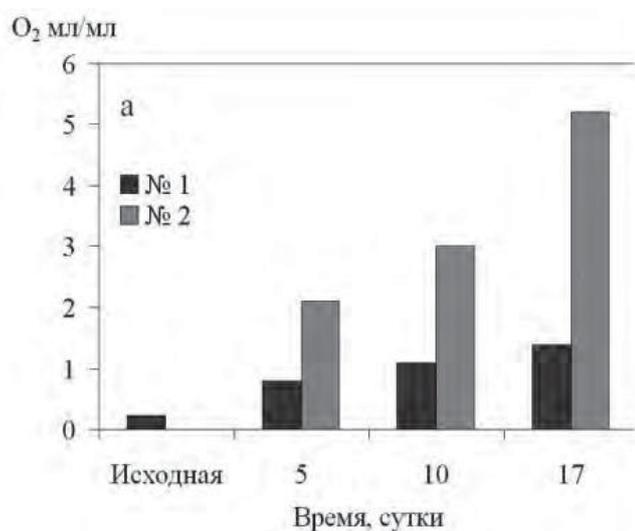
№ 1, в состав которой входит бура, наблюдается ингибирование численности углеводородокисляющей микрофлоры от 0,8 до  $0,004 \times 10^6$  кл/мл (рис. 1).

В отработанном растворе композиции № 2 (без буры) максимальная численность микроорганизмов составила  $0,35 \times 10^9$  кл/мл, что на 3 порядка превышает исходную численность (рис. 1).

Динамике роста микроорганизмов соответствует их ферментативная активность. В отработанном растворе композиции № 1 (с бурой), активность каталазы в 3,0–3,7 раза меньше, чем в варианте, где для отмыва нефтешлама применялась композиция № 2 (без буры). Такая же закономерность прослеживается при изучении дегидрогеназной активности микроорганизмов-деструкторов (рис. 2).

ИК-спектрометрический анализ остаточного нефтезагрязнения после отмыва и биодеструкции показал значительные отличия в области окисленных битумов ( $3350-3604 \text{ см}^{-1}$ ), нафтеноароматических структур ( $814-876 \text{ см}^{-1}$ ) и ароматических структур ( $1168-1610 \text{ см}^{-1}$ ).

Рост коэффициентов  $C_1$  и  $C_2$  свидетельствует об уменьшении содержания нормальных алканов ( $D_{720}$ ) в составе нефти, загрязняющей шлам. Увеличение коэффициента разветвленности углеводородов ( $\text{CH}_3/\text{CH}_2$ ) в 3 раза в опытном варианте говорит о том, что в нефти содержится мало парафиновых структур нормального строения, которые разрушаются в первую очередь при наличии процесса биохимического окисления. Коэффициенты относительного содержания ароматических соединений ( $A_1$  и  $A_2$ ) увеличиваются в соответствии с изменением



**Рис. 2.** Активность каталазы (а) и дегидрогеназы (б) в смывных растворах композиций.

**Таблица 1**

Спектральные коэффициенты исходного загрязнения нефтешлама и после отмыва композицией ПАВ с последующей биодеструкцией препаратом «Дестройл»

Спектральные коэффициенты	Исходное загрязнение	После отмыва композицией №1 и биодеструкции	После отмыва композицией №2 и биодеструкции
$C_1 = D_{1610}/D_{720}$	0,250	0,350	0,880
$C_2 = D_{750}/D_{720}$	0,358	0,391	0,660
$C_3 = D_{720}/D_{1380}$	0,892	0,722	0,465
$A_1 = D_{815}/D_{750}$	0,680	0,820	1,275
$A_2 = D_{875}/D_{720}$	0,464	0,471	0,880
$A_3 = D_{815}/D_{875}$	1,467	1,467	0,922
$CH_3/CH_2 = D_{1380}/D_{720}$	1,120	1,230	1,969
$C=O/C=C = D_{1710}/D_{1610}$	0,08	0,614	1,743
$C=O/CH_3 = (D_{1170}/D_{1380})$	0,05	0,12	0,37

содержания аренов и алканов. Коэффициент окисленности ( $C=O/C-C$ ) увеличивается в 2,5 раза, он указывает на увеличение содержания альдегидов и кетонов. Коэффициент ( $C=O/CH_3$ ) увеличивается в 3 раза, что свидетельствует об увеличении содержания сложных эфиров, т.е. промежуточных продуктов метаболизма при микробном окислении нефти (табл. 1).

После 20 сут термостатирования отработанных нефтезагрязненных растворов композициями № 1 и № 2 с добавлением биопрепарата «Дестройл», содержащих микроорганизмы-деструкторы, остаточную нефть извлекали хлороформом и анализировали методом газожидкостной хроматографии. В составе углеводородов нефти, экстрагированной из отработанного раствора композиции № 1, деструкция углеводородов незначительная и не превышает 3,5 % от исходного загрязнения, что объясняется ингибированием биохимических процессов жизнедеятельности микроорганизмов.

На рис. 3 (а) представлены пики нормальных углеводородов нефти ( $nC_{13} - nC_{35}$ ), загрязняющей отработанную воду после отмыва нефтешлама композицией № 2.

Пики изоалканов пристана (Pr) и фитана (Ph) выполняют роль биомаркеров. Их значения учитывают при расчете степени биодеструкции углеводородов. На хроматограмме исходного нефтезагрязнения высота пиков изоалканов ниже  $nC_{17}$  и  $nC_{18}$ . Величина степени биодегradации, определяемая по формуле  $(Pr+Ph)/(nC_{17}+nC_{18})$ , для исходного загрязнения составляет 0,8. В про-

цессе биодегradации произошло параллельное окисление всех нормальных углеводородов, высота пиков Pr и Ph относительно увеличилась, величина степени биодеструкции составила 6,5 (рис. 3б). Общая биодеструкция составила более 90 %.

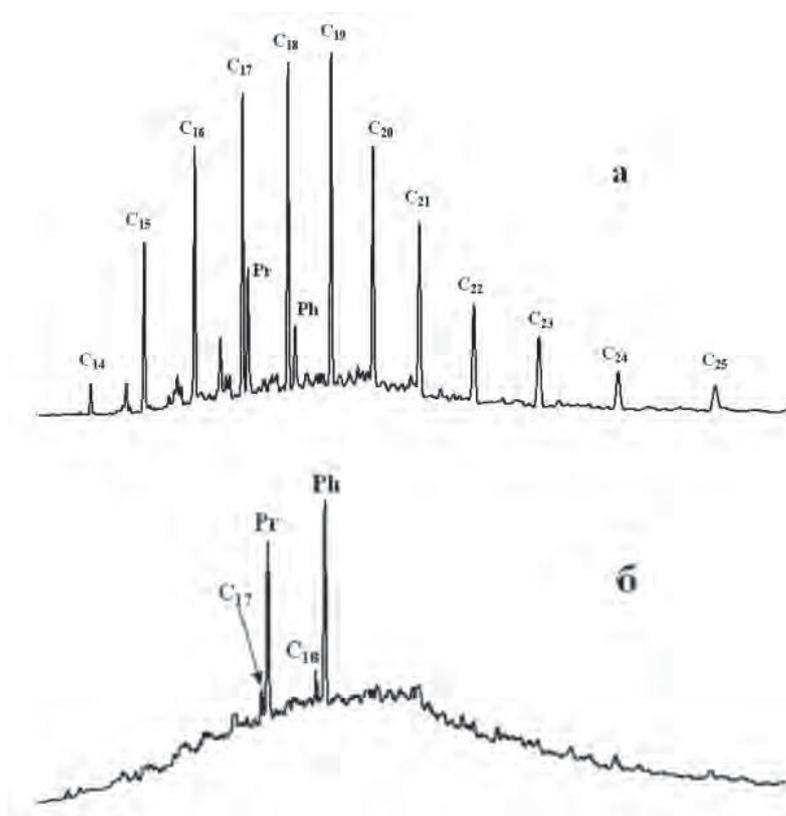


Рис. 3. Хроматограммы исходного нефтезагрязнения, экстрагированного из отработанного раствора композиции № 2 (а); после биодегradации с применением биопрепарата «Дестройл» (б).

## Заклучение

**В**ыбран оптимальный состав моющей композиции на основе ПАВ для отмыва нефтешлама, раствор которой служит питательным субстратом для углеводородокисляющей микрофлоры, участвующей в процессах деструкции нефтезагрязнений.

Апробированы схемы отмыва нефтешлама – однократный отмыв композициями в соотношении 1:1. Моющие свойства композиций № 1 (с бурой) и № 2 (без буры), проявленные при отмыве нефтешлама, почти одинаковы, концентрация нефтезагрязнения понижается от 7 до 2,1 и  $2,2 \pm 0,05$  %, соответственно. Шлам после отмыва с концентрацией загрязнения около 2 % визуально чистый, не требует дополнительной очистки и может быть использован для хозяйственных нужд.

Бура, входящая в состав композиции № 1, резко угнетает численность микроорганизмов, и, как следствие, биodeградация углеводородов нефти в смывной жидкости не идет. Для композиции № 2 (без буры) отмечены интенсивные процессы биохимического окисления загрязняющих веществ в отработанном нефтезагрязненном растворе, утилизация насыщенных ациклических углеводородов нефти составила более 90 %. Очищенная вода может вновь использоваться для отмыва нефтешлама либо для закачки в пласт и других хозяйственных нужд.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного контракта № 322 с Администрацией Томской области на выполнение инновационных проектов по теме «Производство и испытания композиций для отмыва нефтешламов».

## Ключевые слова:

нефтешламы, моющие композиции, микроорганизмы, смывной раствор, биodeградация

## Литература

1. Хайдаров Ф.Р. Нефтешламы. Методы переработки и утилизации. Уфа: Монография, 2003. 74 с.
2. Ибатулин Р.Р. Исследование свойств нефтешламов и способы их утилизации / Р.Р. Ибатулин, И.И. Мутин, М.Н. Исхакова, К.Г. Сахабутдинов // Нефтяное хозяйство. 2006. № 11. С. 116-118.
3. Романцева С.В. О взаимосвязи углеродного состава нефтешламов с методами их утилизации / С.В. Романцева, А.П. Ликсутина // Вестник Тамбовского университета, Серия естественные и технические науки, 2003. № 1. С. 129-130.
4. Нагорнов С.А. Повышение эффективности утилизации нефтешламов // Химия и нефтегазовое машиностроение. 2002. № 1. С. 31-32.
5. Мингулов Ш.Г. Опыт природоохранной деятельности ООО «НГДУ Туймазанефть» в области биоразложения нефтешламов и улавливания легких фракций углеводородов / Ш.Г. Мингулов, Ф.Н. Минакаев // Нефтяное хозяйство. 2004. № 8. С. 40-41.
6. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества. Ленинград. Изд-во Химия, 1981. 303 с.
7. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: МГУ, 1991. 304 с.
8. Инишева Л.И. Руководство по определению ферментативной активности почв и торфов / Л.И. Инишева, С.Н. Ивлева, Т.А. Щербакова. Томск: ТГУ, 2003. 122 с.
9. Другов Ю.С. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов. Практическое руководство / Ю.С. Другов, А.А. Родин. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2007. 424 с.

D.A. Filatov, L.I. Svarovskaya, L.K. Altunina

## OIL-SLIME WASH OFF BY SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES WITH SUBSEQUENT OIL BIODEGRADATION IN SPENT SOLUTION

**O**il-slime recultivation method based on detergent agents with surface-active substances was developed in Institute of petroleum chemistry (Siberian Branch of Russian Academy of Sciences). Oil-slime

having been washed off, commercial biologic «Destroyl» has been applied for spent solution remediation. In 20 days pollution of washing solution has been reduced by 90%. After biodegradation, spent solution can be

used again for slime washing or for other needs.

**Key words:** oil-slime, detergent composition, microorganisms, washing solution, biodegradation

# ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ЛИВНЕВЫХ СТОЧНЫХ ВОД с урбанизированных ТЕРРИТОРИЙ с применением модифицированных **ПОЛИМЕРНЫХ СОРБЕНТОВ**

**Рассматриваются проблемы улучшения технологии тонкой очистки ливневых сточных вод от взвешенных частиц, нефтепродуктов, солей тяжелых металлов и других примесей. Помимо отстаивания, фильтрации и адсорбции на активном угле предлагается очистка путем пропускания воды через полимерный сорбент с гидразидными группами. Вода после очистки отвечает международным нормативам.**

## Введение

**К**рупной труднорешаемой экологической проблемой является очистка ливневых сточных вод (дождевых, талых, мочных), образующихся на урбанизированных территориях (в том числе в промышленной зоне Нижневолжского региона), которые в подавляющем большинстве случаев имеют высокую степень загрязненности углеводородами и другими нефтепродуктами, механическими примесями, растворимыми минеральными и поверхностно-активными веществами и т.д., имеющими естественное (осадки), а также технологическое происхождение, связанное с ремонтными работами, промывкой и мойкой оборудования, аппаратов, автотранспорта и т.п. Отдельные подходы к частичному решению этой проблемы выборочно рассмотрены в работах [1-3].

В то же время, указанная выше категория воды, относимая к так называемому, неорганизованному сбросу, во многих случаях никак не очищается, а существующие технологии в полном объеме не в состоянии решить проблему водоочистки и обеспечить выполнение современных экологических нормативов подготовки воды к сбросу в канализацию, либо для использования в оборотном режиме. Здесь постоянно требуются нововведения и актуальные технические решения.

**Е.В. Дербишер\***,  
кандидат химических наук, доцент, старший преподаватель кафедры «Аналитическая, физическая химия и физико-химия полимеров» Волгоградского государственного технического университета

**Е.В. Овдиенко**,  
аспирант кафедры «Технологии высокомолекулярных и волокнистых материалов» Волгоградского государственного технического университета



## Материалы и методы исследования

**П**ри обрисовке проблемы и постановке эксперимента мы учитывали в первую очередь то, что при решении задач водоочистки необходимо ориентироваться на российские и международные стандарты, выдержки из которых приведены в *табл. 1*. Затем наше внимание сосредотачивалось на основных технико-технологических проблемах доведения качества воды до международных требований (*табл. 1*). В мире эти требования утверждены ЕС, а затем приняты с адаптацией другими странами. В России с 1 января 2002 г. действуют «Санитарные правила и нормативы СанПин 2.1.4.1074-01». Величина, указанная в скобках, устанавливается по указанию Главного государственного санитарного врача.

В контексте сказанного выделим следующее: 1. Особенностью ливневого стока является многокомпонентность, значительные коле-

\* Адрес для корреспонденции: [derbisher2@vstu.ru](mailto:derbisher2@vstu.ru)

Таблица 1

Требования к качеству питьевой воды, рекомендуемые Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), Европейским Сообществом (ЕС) и Госкомсанэпиднадзором России (СанПиН)

Показатели	СанПиН 2.1.4.1074-01				ВОЗ	USEPA	ЕС
	Ед измерения	Нормативы ПДК, не более	Показатель вредности	Класс опасности			
Водородный показатель	ед рН	В пределах 6–9	–	–	–	6,5–8,5	6,5–8,5
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	1000 (1500)	–	–	1000	500	1500
Жесткость общая	мг–экв/л	7,0 (10)	–	–	–	–	1,2
Окисляемость перманганатная	мгО <sub>2</sub> /л	5,0	–	–	–	–	5,0
Нефтепродукты, суммарно	мг/л	0,1	–	–	–	–	–
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные	мг/л	0,5	–	–	–	–	–
Фенольный индекс	мг/л	0,25	–	–	–	–	–
Щелочность	мг НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup> /л	–	–	–	–	–	30
<b>Неорганические вещества</b>							
Алюминий (Al <sup>3+</sup> )	мг/л	0,5	с.-т.	2	0,2	0,2	0,2
Азот аммонийный	мг/л	2,0	с.-т.	3	1,5	–	0,5
Асбест	млн.волокон/л	–	–	–	–	7,0	–
Барий (Ba <sup>2+</sup> )	мг/л	0,1	с.-т.	2	0,7	2,0	0,1
Бериллий (Be <sup>2+</sup> )	мг/л	0,0002	с.-т.	1	–	0,004	–
Бор (В, суммарно)	мг/л	0,5	с.-т.	2	0,3	–	1,0
Ванадий (V)	мг/л	0,1	с.-т.	3	0,1	–	–
Висмут (Bi)	мг/л	0,1	с.-т.	2	0,1	–	–
Железо (Fe суммарно)	мг/л	0,3 (1,0)	орг	3	0,3	0,3	0,2
Кадмий (Cd, суммарно)	мг/л	0,001	с.-т.	2	0,003	0,005	0,005
Калий (K <sup>+</sup> )	мг/л	–	–	–	–	–	12,0
Кальций (Ca <sup>2+</sup> )	мг/л	–	–	–	–	–	100,0
Кобальт (Co)	мг/л	0,1	с.-т.	2	–	–	–
Кремний (Si)	мг/л	10,0	с.-т.	2	–	–	–
Магний (Mg <sup>2+</sup> )	мг/л	–	с.-т.	–	–	–	50,0
Марганец (Mn, суммарно)	мг/л	0,1 (0,5)	орг.	3	0,5 (0,1)	0,05	0,05
Медь (Cu, суммарно)	мг/л	1,0	орг	3	2,0 (1,0)	1,0–1,3	2,0
Молибден (Mo, суммарно)	мг/л	0,25	с.-т.	2	0,07	–	–
Мышьяк (As, суммарно)	мг/л	0,05	с.-т.	2	0,01	0,05	0,01
Никель (Ni, суммарно)	мг/л	0,1	с.-т.	3	–	–	–
Нитраты (по NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	мг/л	45	с.-т.	3	50,0	44,0	50,0
Нитриты (по NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	мг/л	3,0	–	2	3,0	3,5	0,5
Ртуть (Hg, суммарно)	мг/л	0,0005	с.-т.	1	0,001	0,002	0,001
Свинец (Pb, суммарно)	мг/л	0,03	с.-т.	2	0,01	0,015	0,01
Селен (Se, суммарно)	мг/л	0,01	с.-т.	2	0,01	0,05	0,01
Серебро (Ag <sup>+</sup> )	мг/л	0,05	–	2	–	0,1	0,01
Сероводород (H <sub>2</sub> S)	мг/л	0,03	орг	4	0,05	–	–
Стронций (Sr <sup>2+</sup> )	мг/л	7,0	орг	2	–	*	–
Сульфаты (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	мг/л	500	орг	4	250,0	250,0	250,0
Фториды (F) для климатических районов I и II	мг/л	1,5–1,2	с.-т.	22	1,5	2,0–4,0	1,5
Хлориды (Cl <sup>-</sup> )	мг/л	350	орг	4	250,0	250,0	250,0
Хром (Cr <sup>3+</sup> )	мг/л	0,5	с.-т.	3	–	0,1	–
Хром (Cr <sup>6+</sup> )	мг/л	0,05	с.-т.	3	0,05	(всего)	0,05
Цианиды (CN <sup>-</sup> )	мг/л	0,035	с.-т.	2	0,07	0,2	0,05
Цинк (Zn <sup>2+</sup> )	мг/л	5,0	орг	3	3,0	5,0	5,0

Примечание: с.-т. – санитарно–технологический; орг. – органолептический

бания содержания компонентов в зависимости от факторов загрязнений, сезонности и интенсивности природных осадков (пример усредненного состава дан в *табл. 2*).

2. Повышенное содержание нерастворимых (взвешенных) частиц различной природы и размера.

3. Состав и объем составляющей моечной воды тесно связан с объемом и характером работ и чаще всего вода имеет повышенное содержание органических веществ и нефтепродуктов.

4. Постоянно присутствуют серьезные экономические и технические препятствия при реализации организованного сбора и качественной переработки воды с урбанизированных территорий.

Как видно из данных *табл. 2*, содержание органических веществ больше всего в моечных водах, концентрации солей значительно колеблются, а нерастворимые частицы, как это указано выше, имеют расширенный диапазон значений по дисперсному составу во всех случаях. Как установлено в наших и других [1-4] исследованиях, основное количество нерастворимых примесей – это мелкодисперсные пылевидные частицы.

В зависимости от состава стока и его количества для последующей очистки и утилизации в современной международной практике проектирования рекомендуется предусматривать многоступенчатую технологию,

**В.Е. Дербишер,**  
доктор  
химических наук,  
профессор кафедры  
«Технологии  
высокомолекулярных  
и волоконистых  
материалов»  
Волгоградского  
государственного  
технического  
университета

включая механическую, физико-химическую и значительно реже химическую (реагентную) обработку [1], а в случае форс-мажора закладывать в проекты и практику обводные и резервные линии. В качестве основных процессов в них используются отстаивание, фильтрование, коагуляция, флотация, сорбция. В качестве аппаратов в разных вариантах кроме прочих применяют:

- ◆ Пескоуловители (для удаления из воды крупных минеральных примесей);
- ◆ Гравитационные отстойники (для удаления нефтепродуктов и взвешенных веществ);
- ◆ Фильтры (плавающие, песчано-гравийные и т.п.);
- ◆ Сорбционные фильтры (на основе древесных и каменных активированных углей и неорганических и органических (полимерных) сорбентов).

Следует также учесть, что современные действующие очистные сооружения, предназначенные для очистки ливневых сточных вод, образующихся на территории промышленной зоны, представляет собой сложные инженерные сооружения, работающие как в непрерывном, так и периодическом режиме. При этом происходит постоянное повышение требований к качеству очистки, производительности оборудования, надежности в эксплуатации, удобстве в ремонте. Узким местом остается производительность систем (от 1,8 до 72,0 м<sup>3</sup>/час и более). В большинстве случаев эти системы специализированы и не справляются с очисткой сточных вод иного, чем предусмотрено, состава, содержащих, например, одновременно минеральные примеси, нефтепродукты, механически и химически стабильные эмульсии и т.д. Можно указать, например, что сепаратор нефтепродуктов не предназначен для устранения растворенных или мылообразных масел и жиров растительного, животного или другого происхождения и т.д.

Поэтому в зависимости от концентрации загрязнений и характера загрязняющих веществ на входе и на их выходе из очистных сооружений часто возникает необходимость создавать профильно-ориентированные установки для очистки ливневых стоков. При превышении допустимого расхода стоков во время дождя или форс-мажорных обстоятельствах необходимо запускать резервную (если она есть) линию.

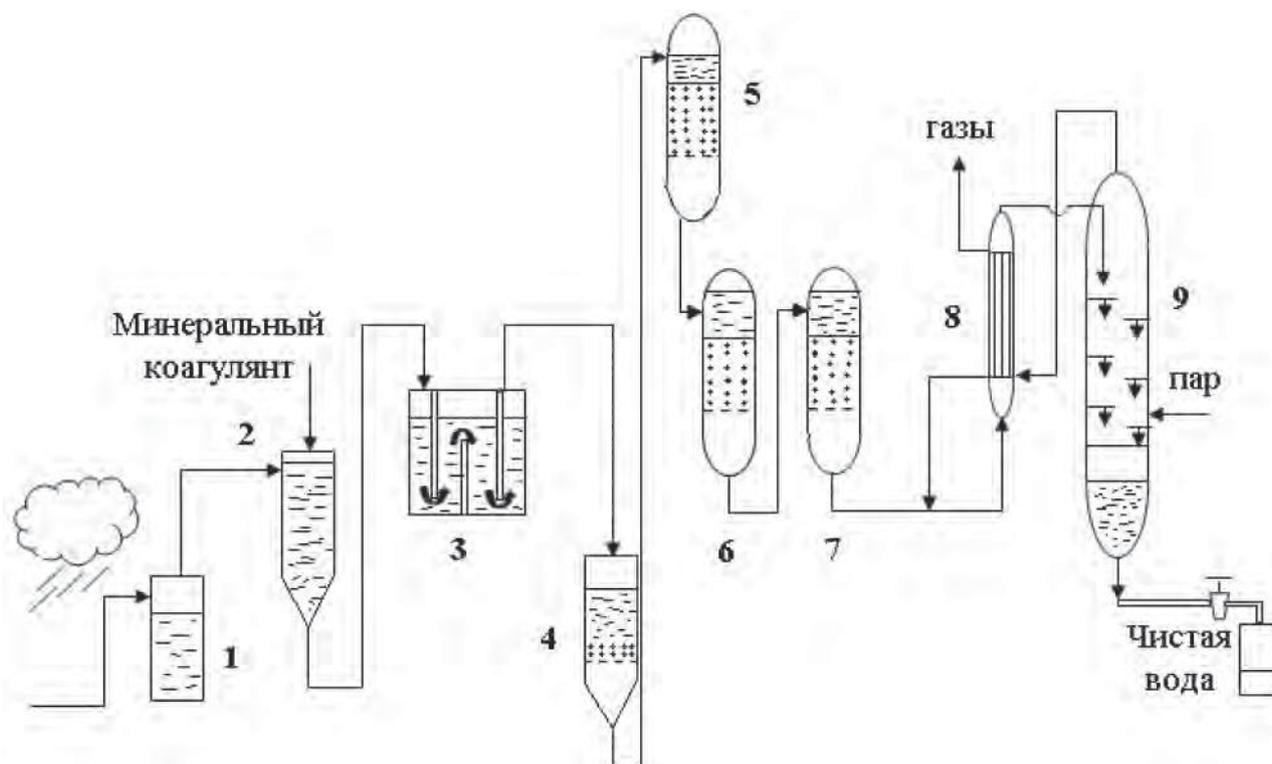
Из сказанного следует, что важным способом повышения степени очистки сточных вод является введение такой дополнительной ступени их обработки (третичной очистки, доочистки, тонкой очистки), которая доводила бы содержание загрязнений до указанных в *табл. 1* нормативов. Для этих целей можно,

### Таблица 2

Усредненный выборочный состав ливневых стоков с территорий предприятий Волгоградского региона (период март–август 2009 г.)

Показатели	Концентрация загрязняющих веществ, мг/л		
	Дождевых	Талых	Моечных
БПК <sub>полн</sub>	40-1400	200-690	100-400
Взвешенные вещества	200-15000	900-18000	200-6000
Медь	0,03-0,45	0,45-0,85	0,03-0,45
Нефтепродукты и органические вещества	26-90	10-150	110-350
pH 4,0-9,3	5,3-8,7	7,5-8,2	7,0-7,8
Ртуть	0,001-0,003	0,001-0,005	0,001-0,05
Свинец	0,03-0,104	0,15-2,0	0,7-4,0
Сульфаты	90-250	180-540	150-420
Фосфор	0,2-70	1,0-60	0,2-0,7
Хлориды	50-20000	250-25000	20-400
Хром (IV)	0,035-0,29	0,15-0,35	0,002-0,5
Цинк	0.2-1.03	1.6-7.0	0.1-3.5





**Рис. 1.** Схема очистки ливневых сточных вод  
1 – грубый отстойник; 2 – смеситель коагулянта; 3 – коагуляционный отстойник; 4 – механический фильтр; 5 – фильтр с активированным углем; 6 – катионитный фильтр; 7 – анионитный фильтр; 8 – теплообменник; 9 – деаэратор.

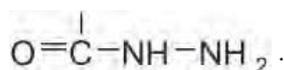
в частности, задействовать скорые фильтры и фильтрующие установки, использующие активированные угли и полимерные (особенно новые) сорбенты.

Примерная модифицированная схема очистки ливневых сточных вод, обеспечивающая, с учетом сказанного, необходимые параметры очистки, представлена на *рис. 1*.

В ней могут быть предусмотрены следующие основные операции:

Осветление в грубых (1) и коагуляционных (2) отстойниках, фильтрование через зернистый материал (4), удаление нефтепродуктов (5) и солей методом ионного обмена (6, 7), дегазацию (9) и другие процессы

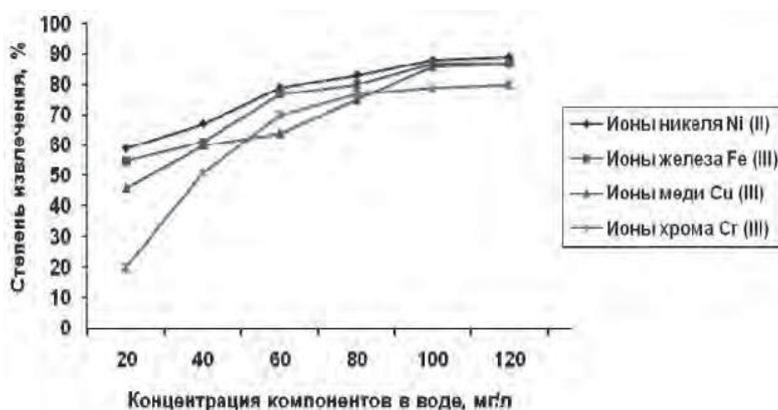
Учитывая многообразие, можно также после маслосборного устройства поставить два фильтра – один, например, заполненный активированным углем, другой – полимерным сорбентом



В рамках рассматриваемого, полезного, на наш взгляд, технического решения мы предлагаем в фильтре (7) в качестве полимерного сорбента применить полимерные материалы с гидразидными группами (ГПКК), которые изучались как нами, так и другими исследо-

вателями [5-8]. Из ГПКК можно изготовить гранулы размером 0,5-3,0 мм или волокнистый материал (нетканое полотно, ватоподобный материал и др.) и использовать для комплексного удаления из воды ионов металлов переменной валентности и неорганические кислоты:  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  и т.д. При этом преимущество ГПКК состоит в том, что они работают в широком диапазоне концентраций указанных загрязнений в воде (60-100 мг/л) (*рис. 2*).

Для проверки степени очистки в фильтрах 5, 6, 7 (*рис. 1*) ГПКК использовалась пилотная установка, в которой последовательно были установлены фильтры с активированным углем (БАУ-МФ), катионитом КФ-2



**Рис. 2.** Зависимость степени извлечения (%) ионов металлов переменной валентности полимерным сорбентом с гидразидными группами от исходной концентрации загрязнителей в очищаемой воде.

**Таблица 3**

Содержание основных загрязняющих веществ в дождевом сливе после очистки

Загрязнители*	Единица измерения	Содержание	
		в сливе	после очистки
Взвешенные вещества	мг/л	12300	0,00
БПК <sub>5</sub>	мг О <sub>2</sub> /л	1120	0,02
Медь	мг/л	0,42	20
Азот аммоний	мг/л	3,2	2,0
СПАВ	мг/л	0,8	0,001
Нефтепродукты и другие органические вещества	мг/л	86	0,001
Железо суммарно	мг/л	0,96	0,30

\*БПК<sub>5</sub> – биохимическая потребность в кислороде за 5 суток, необходимая для окисления органических соединений в воде;  
СПАВ – синтетические поверхностно-активные вещества.

и ГПКК, а в качестве загрязненной воды применялся дождевой отлив, взятый с территории одного из химических предприятий Нижневолжского региона в разгар лета с примерным составом, приведенным в *табл. 2*. Результаты очистки (нормативы рассмотрены в работе [9], см. также *табл. 1*) приведены в *табл. 3*.

## Результаты и их обсуждение

**Р**ассмотрим технико-технологическое воплощение описанных вариантов и предложений. В качестве конкретных установок можно рекомендовать модифицированные установки типа УОЛВ – (1-10), УОЛВ – (2-15) К, при этом в схеме очистки воды с использованием ГПКК (*рис. 1*) можно реализовать следующие операции:

- механическую очистку путем отстаивания (1, 3), фильтрации (4) и усреднение воды;
- отделение нефтемаслопродуктов путем отстаивания (3) и адсорбции на активированном угле (5);
- химическую адсорбцию последовательно на катионите (6), анионите (7) и ГПКК.

В принципе, можно менять расположение фильтров – адсорберов (5, 6, 7): здесь многое зависит от состава сточных вод, вида, крупности и марки угольного сорбента и ионитов, скорости потока и других факторов. Можно также дополнительно модифицировать схему очистки, если, например, совместить функции активированного угля и ГПКК или при небольшом объеме воды – угля, катионита и анионита в одном фильтре. При необходимости перед сооружениями биологической очистки (если таковые име-

ются) можно поставить насыпные фильтры, наполненные полимерным сорбентом с диаметром зерен 3-5 мм. Или возможно установить адсорбер с псевдооживленным слоем сорбента с диаметром зерен 0,5-1 мм. При не очень большом объеме стоков и еще более глубокой очистке сточных вод для возврата их с систему оборотного водоснабжения можно применить дополнительно аппараты с мешалкой и намывные фильтры с крупностью зерен сорбента 0,1 мм и менее. Отметим также, что среди предложений рынка оборудования водоочистки достаточно удобным и дешевым в рамках рассматриваемых предложений является насыпной фильтр с неподвижным слоем сорбента. Скорость фильтрования в нем зависит от концентрации растворенных в воде веществ и может составлять от 1 до 6 м<sup>3</sup>/ч; крупность зерен сорбента – 1,5-5,0 мм, направление фильтрования жидкости – снизу вверх, для равномерного заполнения сечения колонны жидкостью и вытеснения газовоздушных пузырьков при контроле качества очистки.

В фильтре слой сорбента помещается на беспровальную решетку с отверстиями диаметром 5-10 мм и шагом 10-20 мм, на которую также укладывается поддерживающий слой мелкого щебня и крупного гравия высотой 350-450 мм, защищающий зерна сорбента от проваливания в прорешеточное пространство и дающий возможность равномерного распределения потока жидкости по сечению. Для предотвращения выноса сверху слой сорбента необходимо закрывать, сначала слоем гравия, затем слоем щебня и решеткой. Это не выходит за рамки обычных технологий.

Пилотные испытания предлагаемой технологии дали хорошие результаты (*табл. 2*), а вода после очистки практически отвечала нормативам, предъявляемым к питьевой воде (*табл. 1*).

## Заключение

**Т**аким образом, предлагаемый модифицированный вариант технологической схемы водоочистки и использование ГПКК может обеспечить следующее:

- очищать воду с неустойчивым в некоторых пределах составом загрязняющих веществ;
- учет режима и количества образования сточной воды;
- мобильную модульную схему очистки, адаптируемую к изменяющимся условиям очистки и потребительским нуждам;
- доведение содержания примесей до прогрессивных санитарных норм (*табл. 1*) и даже оборотного использования очищенной воды.

## Литература

1. Дикаревский В.С. Отведение и очистка поверхностных сточных вод / Дикаревский В.С., Курганов А.М., Нечаев АП., Алексеев М.И. // Л.: Стройиздат, 1990. 224 с.
2. Овдиенко Е.Н. Проблемы усовершенствования очистки ливневых сточных вод, образующихся на территории промышленных предприятий / Е.Н. Овдиенко, Е.В. Дербишер, И.В. Шипко, В.Е. Дербишер // Современные наукоемкие технологии 2007. № 8. С. 95-96.
3. Иванов В.В. Характеристика осадка промышленно-ливневого стока Москвы /Иванов В.В., Кочуров А.В., Юсфин В.С., Мустафин ХМ., Кондрашов А.Н., Воронов В.И.// Водоснабжение и санитарная техника.1997. № 9. С. 13-17.
4. Гандурина Л.В. Интенсификация очистки промышленно-ливневых вод на Угрешских очистных сооружениях /Гандурина Л.В., Буцуева ЛН., Штондина Л.В., Меншутин Ю.А., Фомичева Е.В., Воронов В.И. //Водоснабжение и санитарная техника. 2004. № 5. С. 14-18.
5. Борисенко З.Б. Способ очистки сточных вод от никеля/Борисенко З.Б., Мубаракшин

## Ключевые слова:

сорбенты,  
водоочистка,  
экология

- Г.М., Кирпиченко Т.Р., Сычева Н.А., Смирнов АП., Носиков В.И., Платонов ГА.//Авт. Свид-во СССР 1623970, Кл.С02F1/42.– 1987; Бюлл № 4.1991.
6. Пат. 2169156 РФ, МПК 7 С 08 F 8/30, 20/60, В 01 J 39/18, С 02 F 1/42 Способ получения гидразида полиметакриловой кислоты/ В.Е. Дербишер, Т.И. Даниленко, Е.В. Дербишер, В.В. Коледов, Т.Ф. Морозенко; ВолгГТУ. 2001.
  7. Пат. 2190454 РФ, МПК 7В 01 D 39/06, В01 J39/08,С03 25/28 Ионообменный фильтровальный материал/В.Е. Дербишер, Т.И. Морозенко, Е.В. Коннова (ЕВ. Дербишер), Т.Ф. Морозенко, М.В. Дербишер; ВолгГТУ. 2002.
  8. Дербишер ВЕ. Гидразиды поликарбоновых кислот – пластификаторы цементных композиций/В.Е. Дербишер, Г.А. Мельницкий, В.В. Кузнецов//Изв. Вузов. Химия и химическая технология. 1981. № 9. С. 1131-1134.
  9. Квашин ЮА. Отведение ливневых сточных вод с территории промышленного предприятия//Экология производства. 2006. № 12. С. 19-22.



E.V. Derbisher, E.V. Ovdienko, V.E. Derbisher

## MODIFIED SORBENT APPLICATION FOR STORM WASTE WATER PURIFICATION

Some aspects of storm waste water purification from suspended particles, oil products, heavy metal salts and other additives are discussed. Besides settlement, filtration and activated carbon adsorption, water

transmission through polymer sorbent with hydrazide groups has been offered. Purified water meets the international standards for drinking water.

**Key words:** adsorbents, water treatment, ecology

# СУТОЧНЫЕ ВАРИАЦИИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДЫ

**В работе представлены результаты по круглосуточному мониторингу транспортных свойств воды.**

## Введение

**Б**иологические эффекты электромагнитных излучений систематически изучаются [1-3]. В этих работах отмечается зачастую негативное действие неионизирующего излучения даже при сверхмалых дозах облучения. Обращает на себя внимание общность реакций всего живого на действие электромагнитного излучения (ЭМИ). В организме человека, животных и растений всегда циркулируют электрические токи, которые играют существенную роль в функционировании организма. Все нервные сигналы передаются посредством электрических импульсов. Большинство биохимических реакций (начиная от реакций, протекающих при усвоении пищи, и заканчивая реакциями, связанными с мозговой активностью) связано с протеканием электрических процессов в жидких средах организма [4]. Это обстоятельство побудило нас к исследованию электрохимических процессов в чистой воде. Вода как универсальный растворитель представляет особый интерес в изучении действия ЭМИ на живые объекты, поскольку позволяет приблизиться к выявлению первичного акта воздействия излучения в связи с высокой чувствительностью окислительно-восстановительных процессов к действию внешних факторов. До сих пор природа первичного акта воздействия излучений на биологические объекты не нашла удовлетворительного объяснения. В связи с этим, согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), целесообразно придерживаться предупредительной политики – максимально уменьшить время воздействия ЭМИ техногенного происхождения, поскольку длительное воздействие окружающей среды, даже незначительное, может представить источник опасности для здоровья человека, если оно приводит к стрессу [5]. Существует общая для всех организмов закономерность реакции на сверхслабые воздействия. Основ-

**А.А. Артамонов\***,

соискатель,  
младший научный  
сотрудник ГНЦ РФ,  
Институт медико-  
биологических  
проблем РАН

**В.В. Цетлин,**

доктор  
технических наук,  
заведующий  
лабораторией  
радиационной  
безопасности  
космических полетов  
ГНЦ РФ,  
Институт медико-  
биологических  
проблем РАН



ные закономерности высокой чувствительности к слабым внешним воздействиям описаны в [6].

С другой стороны, на основании анализа литературных данных, сделан вывод о том, что в настоящее время нет приемлемого описания структуры жидкости и, в частности, воды, которое позволяло бы оценивать реакцию воды на физические факторы слабой интенсивности, в том числе естественные вариации электромагнитного и радиационного фона. Отсутствие такой теории не позволяет объяснить эксперименты, проводимые в условиях экранировки от ЭМИ, постоянного магнитного поля и др. Также не существует представления о механизме слабых воздействий космо- и геофизических факторов.

В работе [7] установлена тесная связь между изменением электропроводных свойств воды и солнечной активностью. По мнению авторов такая связь свойств может быть причиной корреляции солнечной активности и различных процессов в биосфере. Однако авторы так и не раскрыли, каким образом, по их мнению, может происходить влияние Солнца через воду. Используемый в работе [7] метод электрохимического анализа показал высо-

\* Адрес для корреспонденции: [artamonovanton@yandex.ru](mailto:artamonovanton@yandex.ru)

кую чувствительность к слабым внешним факторам. Как предполагают авторы, высокая чувствительность к слабым воздействиям связана с областью приэлектродного слоя (электрохимического контакта). Электрохимический контакт – это та область, в которой разыгрываются основные электрохимические процессы. С этим понятием связаны многие электрохимические характеристики, такие как работа выхода электрона, потенциал нулевого заряда, электродный потенциал и т.п. Влияние природы материала и специфика его взаимодействия с растворителем закладывается в параметры структуры приэлектродного слоя [8].

### Материалы и методы исследования

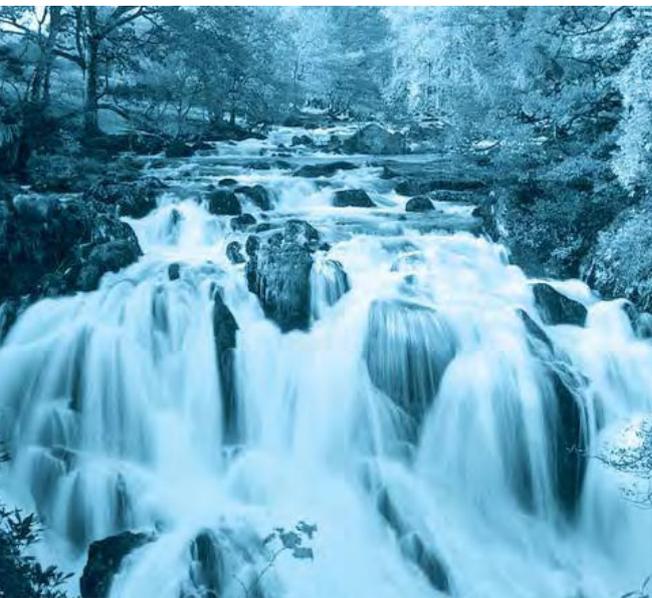
**В** основу метода мониторинга транспортных свойств воды было положено круглосуточное измерение электрических токов в межэлектродном промежутке, заполненном водой высокой очистки и при постоянном стабилизированном напряжении, подаваемом на электроды (этот метод реализован на установке, разработанной Цетлиным В.В., Бондаренко В.Г., Федотовой И.В.).

При водоподготовке использовали две ступени очистки воды. Сначала получали дистиллят на дистилляционной установке в соответствии с ГОСТ Р 6709-72, затем дистиллят очищали в установке по деионизации воды. Установка для получения деионизированной воды предназначена для глубокого удаления ионных примесей (катионов и анионов) из предварительно очищенной воды –

дистиллята. Установка оснащена сменными патронами с загрузкой катионитом в Н-форме и анионитом в ОН-форме. Принцип работы установки основан на том, что при последовательном пропускании дистиллированной воды, содержащей растворённые катионы и анионы, сначала через фильтр с загрузкой катионитом в Н-форме, а затем через фильтр с загрузкой анионитом в ОН-форме происходит адсорбция катионов раствора на катионите с замещением их в растворе на  $H^+$  ионы, а затем адсорбция анионов раствора на анионите с замещением их на  $OH^-$  ионы. Ионы  $H^+$  и  $OH^-$  в растворе рекомбинируют с образованием молекул воды. Оставшиеся в растворе ионы примеси удаляются при пропускании воды через фильтр смешанного действия, представляющим собой загрузки из смеси катионита в Н-форме и анионита в ОН-форме в соотношении 2:3. Для контроля над удельной электропроводностью очищенной воды на выходе из последнего фильтродержателя установлена кондуктометрическая ячейка с измерительным прибором HI 983322-1 «HANNA». В автоматическом режиме регистрировалась удельная электропроводность при частоте переменного тока 2 кГц. В таком режиме удавалось добиваться необходимой чистоты деионизированной воды с электропроводностью  $\sigma = 0,1-0,2$  мкСМ/см.

В экспериментальной установке использовались электрохимические ячейки в виде стаканов с притертой крышкой из стекла марки Ригех. В крышке кюветы предусмотрены отверстия для ввода электродов. Электроды были изготовлены в виде платиновой ленты, навитой на рамку из органического стекла





или в виде тонких пластин из инертных практически не растворяющихся в водной среде материалов – пищевой нержавеющей стали размером  $35 \times 20 \text{ мм}^2$ .

В ячейку с помощью дозатора объемом 1 моль заливалась вода высокой очистки. Межэлектродное расстояние могло устанавливаться в пределах от 5 мм до 30 мм.

На электроды подавалось постоянное стабилизированное напряжение в пределах 2,4 В. В качестве блока питания использовался блок «Instek GPS4303» с величиной стабилизированного напряжения в диапазоне  $\pm 15 \text{ В}$  при уровне стабилизации  $\pm 0,05 \%$ . Вся установка, включая компьютер и блок стабилизированного питания, подключалась к внешней электросети через блок бесперебойного питания (Иррон). Такие параметры установки позволяют системе работать в круглосуточном режиме мониторинга в течение нескольких лет с 2005 г. в заданном режиме стабильного питания установки. Для контроля питания на экран компьютера выводилась изолиния подаваемого на кюветы напряжения. По изолинии можно было судить о том, что стабильность подаваемого напряжения равна  $\pm 1,3 \text{ мВ}$ .

Потенциал, снимаемый с омического сопротивления, последовательно включенного в сеть, подавался через преобразователь «I-U» и аналого-цифровой преобразователь (АЦП) типа E14-140 фирмы L-card. Регистрация сигналов осуществлялась по предварительно заданным параметрам в формате знакового целого двухбайтного числа. При этом пользователь мог выбрать номер канала получения данных, установить частоту работы АЦП в режиме непрерывного ввода сигнала на частотах дискретизации от 0,122 до 105 Гц, задать коэффициент усиления, указать

#### Ключевые слова:

вода,  
электромагнитный  
фон

имя файла для записи, а также создать паспорт испытания. Система АЦП позволяет также в режиме записи сигналов включать опцию управления выходом цифровыми линиями.

При выборе режима работы АЦП опирались на метрологические характеристики преобразователей напряжения измерительных устройств E14-140 производства ЗАО «Л-Кард». Преобразователи E14 обеспечивают высокую точность измерений при соблюдении определенных условий, которые формируют выбор режима работы. Также было учтено, что метрологические характеристики в многоканальном режиме существенно зависят от частоты переключателя входного коммутатора, которая определяется параметром «межканальная задержка», зависящим от частоты дискретизации.

Электрохимические ячейки помещались в термостат, где температура может поддерживаться в заданном интервале с точностью  $\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ячейки могли находиться также при комнатной температуре в деревянном чехле, защищающем от света.

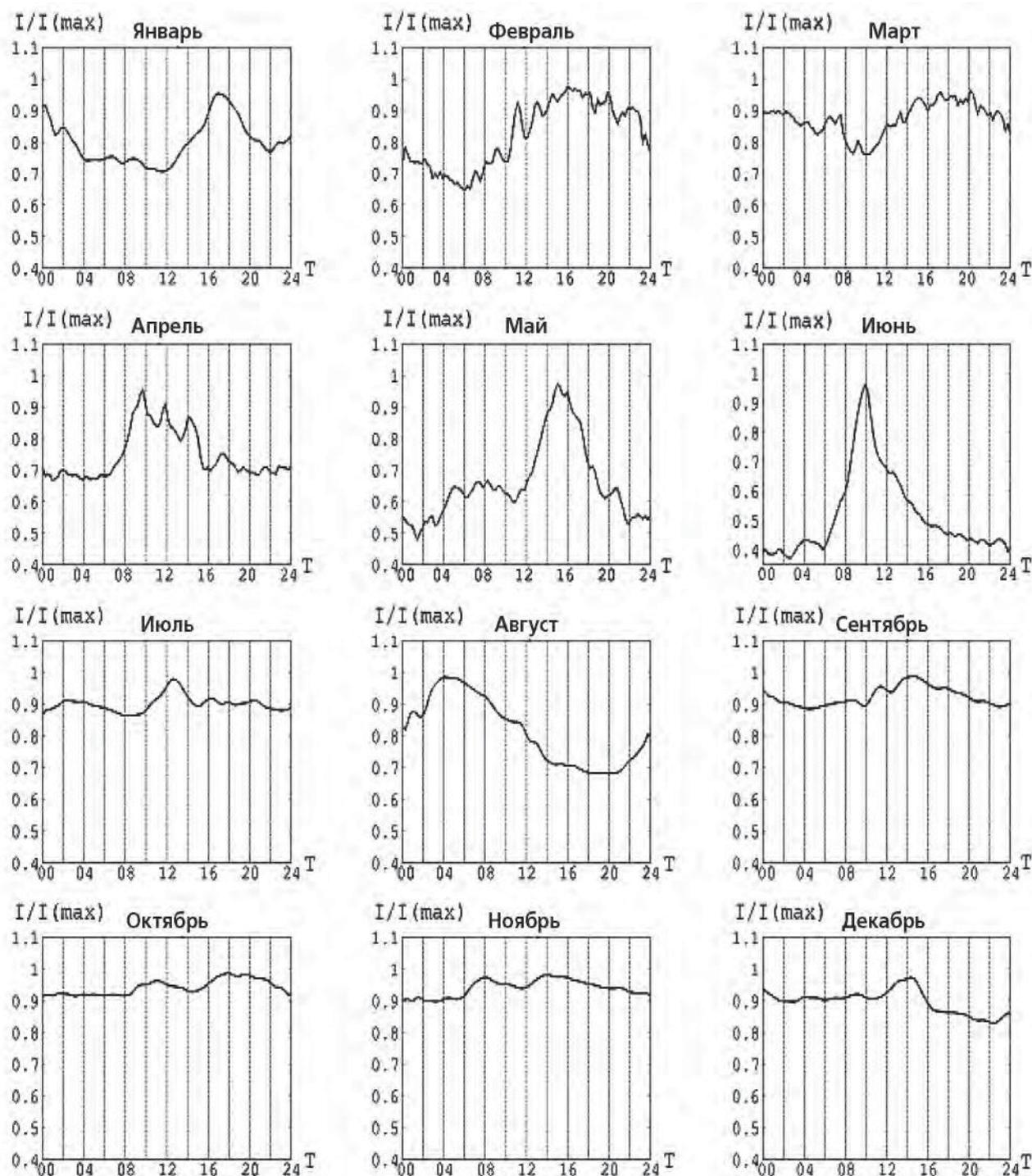
#### Результаты и их обсуждение

С помощью экспериментальной установки был проведен круглосуточный мониторинг в течение нескольких лет, начиная с 2005 г. Токи регистрировались при постоянном подаваемом напряжении и постоянной температуре, при этом электрохимические ячейки находились в защищенном от света месте. На *рис. 1* показаны типичные кривые токов, протекающих в межэлектродном промежутке, заполненном водой (ячейка со стальными электродами) для каждого месяца 2008 г.

С января по март максимумы наблюдались преимущественно с 16 до 18 часов по московскому времени, а минимумы – с 6 утра до 12 дня. Резко меняется картина токов в апреле. Уже с апреля по июль появляются несколько максимумов, один из которых ярко выраженный. Эти четыре месяца отличаются сильными амплитудами вариаций, иногда превосходящими 60 % от максимальной регистрируемой за сутки величины. Август также выделяется сильной вариативностью, но отличается от предыдущих месяцев тем, что максимумы возникают в ранний период времени суток. Оставшиеся месяцы с сентября по декабрь имеют слабо выраженные флуктуации токов, не превосходящие 15 % от максимального значения. Максимумы встречаются в дневные часы с 10 до 14 и имеют размытый слабо выражен-

ный характер. Однако стоит заметить, что суточная динамика токов, несмотря на общую ежедневную повторяемость, менялась от одних суток к другим. Возможной причиной подобных флуктуаций могут быть техногенные процессы в окружающем пространстве, геофизические процессы, связанные с климатом, сейсмической обстановкой или вызванные изменением гравитационных взаимодействий Земли, Солнца и др.

небесных тел при циклическом движении Земли. При длительных измерениях суточных вариаций токов было отмечено влияние влажности воздуха на амплитуду вариаций. Этот факт можно объяснить поглощающими способностями влаги, находящейся во взвешенном состоянии в воздухе. В работе [9] было показано, что характеристики электромагнитной эмиссии из Земли зависят не только от прочности, но и от структурно-



**Рис. 1.** Типичные кривые токов проводимости в воде для каждого месяца 2008 г. По оси ОУ отложено нормированное значение токов  $I/I(\max)$ , по оси ОХ отложено время  $T$ , час.

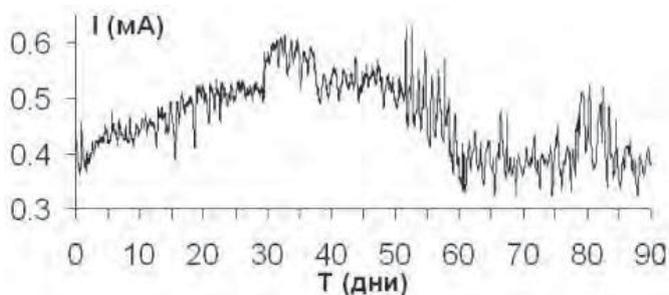
текстурных особенностей, проводимости, влажности и минерального состава. Интенсивность электромагнитного проявления области напряженного состояния ненарушенного (устойчивого) блока плавно нарастает по мере приближения к области нарушения (неустойчивости). Электромагнитные свойства этих слоев зависят, главным образом, от количества воды, присутствующей в породе в жидкой фазе или в связанном состоянии. Свойства воды, в свою очередь, зависят от уровня минерализации и, особенно, содержания соли. [10].

Анализируя литературу по вопросу происхождения ЭМИ Земли, авторы пришли к выводу, что основным источником электромагнитной эмиссии является вода, которая присутствует в породе. Неудивительно, что и вода является приемником этого излучения.

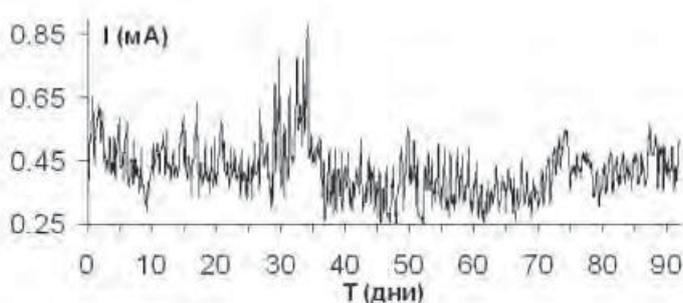
На рис. 2-5 представлены результаты круглосуточного мониторинга тока в электрохимической ячейке с платиновыми электродами. Ячейка находилась в термостате с постоянной температурой  $25 \pm 0,1$  °C в защищенном от света месте. Данные представлены за период 01.11.2008 – 30.11.2009.

Для ячеек с различным химическим составом электродов экспериментально установлено, что токи в течение суток имеют противоположный ход (см. рис. 6).

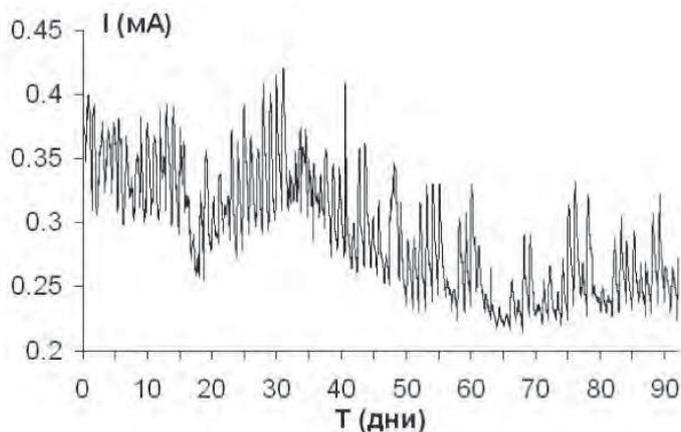
Это объясняется тем, что платиновый электрод имеет положительный электрохимический потенциал ( $\varphi_{Pt} = +1,2$  В), а железный



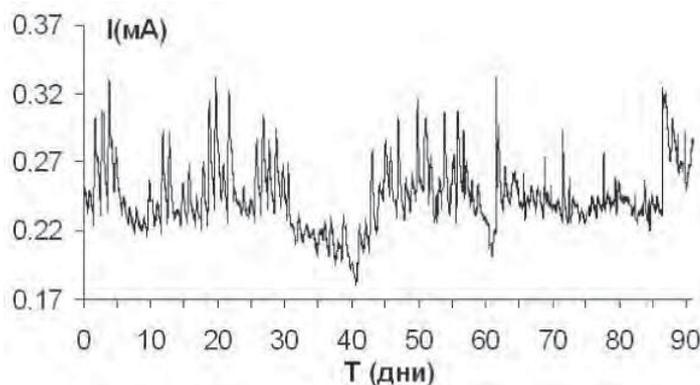
**Рис. 2.** Ток, зарегистрированный в электрохимической ячейке с платиновыми электродами за период 01.12.2008 г. – 29.02.2009 г.



**Рис. 3.** Ток, зарегистрированный в электрохимической ячейке с платиновыми электродами за период 01.03.2009 г. – 31.05.2009 г.



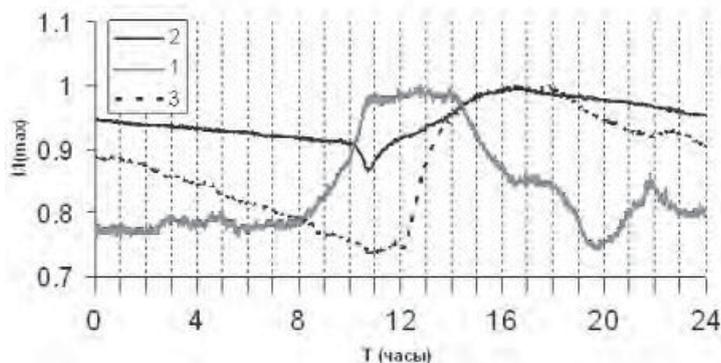
**Рис. 4.** Ток, зарегистрированный в электрохимической ячейке с платиновыми электродами за период 01.06.2009 г. – 31.08.2009 г.



**Рис. 5.** Ток, зарегистрированный в электрохимической ячейке с платиновыми электродами за период 01.09.2009 г. – 30.11.2009 г.

электрод обладает отрицательным электрохимическим потенциалом ( $\varphi_{Fe} = -0,44$  В), что приводит к различным лимитирующим реакциям на электродах. На рис. 6 первая ячейка (кривая отмечена красным цветом) содержит платиновые электроды. Вторая (синяя кривая) и третья (черная кривая) ячейки содержат стальные электроды. Первая и вторая ячейки находятся рядом в светоизолирующем деревянном ящике. Третья ячейка находится внутри термостата, защищенного от внешнего ЭМИ листом алюминия толщиной 1,5 мм. Тот факт, что в одинаковых условиях токи в ячейках 1 и 2 с различными электродами имеют разную динамику, указывает на электрохимическую причину этого явления и показывает, что влиянием температуры нельзя объяснить факт суточных вариаций токов в электрохимических ячейках. Металлический экран ЭМИ оказывает воздействие, которое превышает возможные погрешности эксперимента, тем самым подчеркивая решающую роль электромагнитного фона окружающей среды на воду.

Разная суточная динамика токов в ячейках с различными электродами и в различных



**Рис. 6.** Суточные вариации токов в электрохимических ячейках, содержащих различные электроды.

условиях указывает на высокую чувствительность контактной разности потенциала к внешним условиям (ЭМИ Земли низкой интенсивности) а также материал, с которой соприкасается вода.

### Заключение

В работе представлен экспериментальный материал по суточному мониторингу транспортных свойств воды. Существование суточных вариаций свойств воды позволит по-новому оценить роль воды в различных процессах живой и неживой природы. Объем статьи не позволил авторам более подробно обсудить результаты и представить все доказательства природы суточных вариаций токов, регистрируемых в электрохимической ячейке. В работе предпринята попытка продемонстрировать, что вода может быть проводником взаимодействия слабых электромагнитных полей геофизического и техногенного происхождения с живыми организмами.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта «Развитие научного потенциала высшей школы № 2.1.1./3179»*

### Литература

1. Mileva K. Georgieva B., Radicheva N. About the biological effects of high and extremely high frequency electromagnetic fields. // Acta. Physiol. Pharmacol. Bulg. V. 27. 2003. № 2. P. 89-100.
2. Goodman E. M. Greenebaum B., Marron M. T. Effects of electromagnetic fields on molecules and cells. // Int. Rev. Cy-tol. 1995. V. 158. P. 279-338.
3. Naarala J. Hoyto A., Markkanen A. Cellular effects of electromagnetic fields. // Altern. Lab. Anim. 2004. V. 32. № 4. P. 355-360.
4. Построение диалога о рисках электромагнитных полей. Радиационная программа отдела по защите среды, окружающей человека / Под ред. Григорьева Ю., Григорьева О. Женева, Швейцария. Всемирная организация здравоохранения. 2004. 79 с.
5. Rudiger M. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics. 1998. V. 74 № 4. P. 494-522
6. Кисловский Л.Д. // В кн. «Биологическое действие ЭМП.» Под ред. Красногорской Н.В. Москва. Наука. 1984. Т.2. С. 17.
7. Агеев И.М. Шишкин Г.Г. Корреляция солнечной активности с электропроводностью воды. // Биофизика. 2001. Т.46. № 5. С. 829-832.
8. Салем Р.Р. Теория двойного слоя. М.: Физматлит, 2003. 44с.
9. Frid V. Electromagnetic radiation induced by mining rock failure / Frid V. (?) Vozoff K. // International Journal of Coal Geology. 2005. V. 7. P. 17-23.
10. Воронин В. И., Черняков А. М., Уваров В. Н. Электромагнитное проявление геодинамических объектов земной коры. // Радиофизика и электроника. 2002. Т.7. № 1. С. 68-76.



A.A. Artamonov, V.V. Tsetlin

## DAILY VARIATIONS OF WATER PHYSICAL PROPERTIES

Results on round-the-clock monitoring of water transport properties have been presented in the paper.

**Key words:** water, electromagnetic background

# МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОД

**Исследовано влияние погрешности измерений на корректность заключений о соответствии качества вод установленным требованиям. Показано, что нормы погрешности составляют 30 % в среднем по распространенным загрязняющим веществам, свойственным питьевым водам, и 40 % – по веществам, свойственным природным водам. При этом риск ложных заключений – признания воды, соответствующей установленным требованиям несоответствующей, или воды, несоответствующей установленным требованиям соответствующей – достигает 20-50 % в диапазоне (0,8-1,2) ПДК при нормах погрешности измерений, характерных для распространенных загрязняющих веществ. Сделан вывод о необходимости оптимизации методик и средств измерений таким образом, чтобы свойственные им показатели точности гарантировали допустимый уровень риска ложных заключений о соответствии.**

## Введение

**М**асштабность водного фонда России на протяжении многих десятилетий создавала иллюзию его неисчерпаемости и возобновляемости. Однако прогрессирующее снижение качества природных и питьевых вод привело к пониманию необходимости рационального водопользования, прежде всего в наиболее освоенных районах страны, где сосредоточена основная часть населения и производственного потенциала [1]. При этом обострилась потребность в информации о качестве вод и динамике его изменения, по возможности, достаточно точно для снижения риска ошибочных управленческих решений [2]. В частности, необходима безошибочная оценка соответствия/несоответствия содержания загрязняющих веществ установленной предельно допустимой концентрации (ПДК), что требует корректного учета погрешности результатов измерений.

*Нормы погрешности измерений.* Аттестованными методиками измерений предусмот-

рено установление границ  $\pm\Delta$  приписанной погрешности, в которых искомая величина находится с заданной доверительной вероятностью  $P$  [3]. Условием обеспечения единства измерений является требование о том, чтобы  $\Delta$  не превышала установленной нормы погрешности  $\Delta_n$  [4-6] в заданном диапазоне концентраций  $C$  загрязняющего воду вещества. Анализ показывает, что нормы относительной погрешности  $\delta_n = \Delta_n/C$  при  $C \sim \text{ПДК}$  для распространенных в питьевой воде веществ (сурьма, вольфрам, ванадий, кобальт, кремний, хлориды, бромиды, бензол, ксилол, стирол, толуол и др.) увеличиваются при снижении ПДК, преимущественно в диапазоне 10-70 % (рис. 1). Аналогичные результаты дает анализ зависимости  $\delta_n$  (ПДК) для приоритетных загрязняющих веществ природных вод (бензол, мышьяк, никель, скипидар, стирол и др.) объектов рыбохозяйственного значения. Полученные зависимости могут быть аппроксимированы выражением

$$\delta_n = \frac{1}{a + b \cdot \lg \text{ПДК}},$$

где  $a = 0,047$ ,  $b = 0,0075$  для питьевой воды при  $\text{ПДК} > 0,00005 \text{ мг/дм}^3$ , и  $a = 0,035$ ,  $b = 0,062$  для природной воды при  $\text{ПДК} > 0,0005 \text{ мг/дм}^3$ .

Обратно пропорциональная в целом зависимость  $\delta_n$  (ПДК) легко объяснима – чем меньше ПДК, тем сложнее выполнить измерение, поэтому его погрешность увеличивается. Так, например, ПДК бенза(а)пирена составляет тысячные доли  $\text{мкг/дм}^3$  [7], поэтому процедура подготовки проб к анализу представляет собой многоступенчатый процесс [8], что повышает погрешность измерения. В диапазоне 0,002-0,01  $\text{мкг/дм}^3$  относительная приписанная погрешность измерения этого вещества по аттестованной методике  $\delta = 50\%$  [8], а норма погрешности –  $\delta_n = 70\%$  [4] при принятой здесь и далее доверительной вероятности  $P = 0,95$ . Следовательно, если изме-

**А.И. Авербух\***,  
старший научный  
сотрудник  
Федерального  
государственного  
унитарного  
предприятия  
«Уральский научно-  
исследовательский  
институт метрологии»  
(ФГУП «УНИИМ»)

**О.М. Розенталь**,  
доктор  
технических наук,  
профессор,  
главный научный  
сотрудник Института  
водных проблем РАН

\* Адрес для корреспонденции: [allaaver@gmail.com](mailto:allaaver@gmail.com)

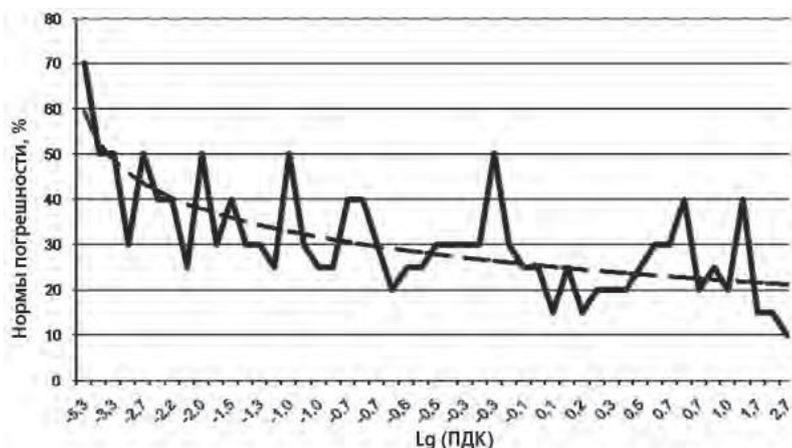


Рис. 1. Зависимость  $\delta_n$  (ПДК) для приоритетных загрязняющих воду веществ (сплошная линия) и линия тренда (штриховая).

ренная концентрация  $C_0=0,005$  мкг/дм<sup>3</sup>, то следует ожидать, что истинная концентрация бенз(а)пирена скорее всего находится в пределах 0,0025-0,0075 мкг/дм<sup>3</sup> – величин, разность между которыми равна  $C_0$ .

Необходимо отметить, что и для железа, содержание которого в воде определять значительно проще, указанная разность также составляет 50 % от измеренной концентрации. Действительно, ПДК этого металла в питьевой воде 0,3 мг/дм<sup>3</sup> [5], а  $\delta_n$  в диапазоне 0,15-1,5 мг/дм<sup>3</sup> и  $\delta$  в диапазоне 0,05-0,5 мг/дм<sup>3</sup> составляют 25 % [4, 9]. Поэтому для результата измерений, равного, например, ПДК=0,3 мг/дм<sup>3</sup>, следует ожидать, что истинная концентрация железа находится, скорее всего, в пределах 0,23-0,38 мг/дм<sup>3</sup>, чем и определяется величина вышеприведенной разности.

Представленные примеры свидетельствуют о важности учета погрешности результатов измерительного контроля для заключения о соответствии качества вод установленным требованиям. В этом отношении показательны гистограммы норм погрешности (рис. 2, 3), построенные по правилам деления шкалы концентрации вод на поддиапазоны [4] и расчета количества попадающего в каждый из них показателей ПДК конкретных веществ по данным [7, 10-12]. Как видно, распределения характеризуются хорошо выраженной одноmodalностью, причем, для 95 % веществ ПДК в питьевой воде заданы в пределах 0,001-10 мг/дм<sup>3</sup> при  $\delta_n = (0,2-0,4)$  ПДК, и для 73 % веществ ПДК в природной воде заданы в пределах 0,001-1 мг/дм<sup>3</sup> при  $\delta_n = 0,3-0,5$  ПДК. В среднем погрешность измерений при оценке качества питьевой воды составляет 0,3, а природной – 0,4 ПДК.

Вероятность ложных заключений о качестве вод. Без учета погрешности измерений заключение о соответствии состава вод уста-

новленным требованиям делается, если измеренная концентрация  $C \leq \text{ПДК}$ , а решение о несоответствии – если  $C > \text{ПДК}$  [4]. Однако в документах на методики контроля качества вод приведена иная форма представления результатов измерений в виде  $C \pm \Delta$ , P [8, 9]. Тогда при оценке соответствия (составлении заключений о соответствии/ несоответствии) может реализоваться одна из следующих ситуаций:

- $C \leq \text{ПДК}$ , и  $C + \Delta \leq \text{ПДК}$  (1),
- $C \leq \text{ПДК}$ , но  $C + \Delta > \text{ПДК}$  (2),
- $C > \text{ПДК}$ , но  $C - \Delta \leq \text{ПДК}$  (3),
- $C > \text{ПДК}$ , и  $C - \Delta > \text{ПДК}$  (4).

Отличные от нуля вероятности  $\alpha$  ложного признания несоответствия воды установленным требованиям (измеренная концентрация больше ПДК, а истинная – не больше) и  $\beta$  ложного признания соответствия (изме-

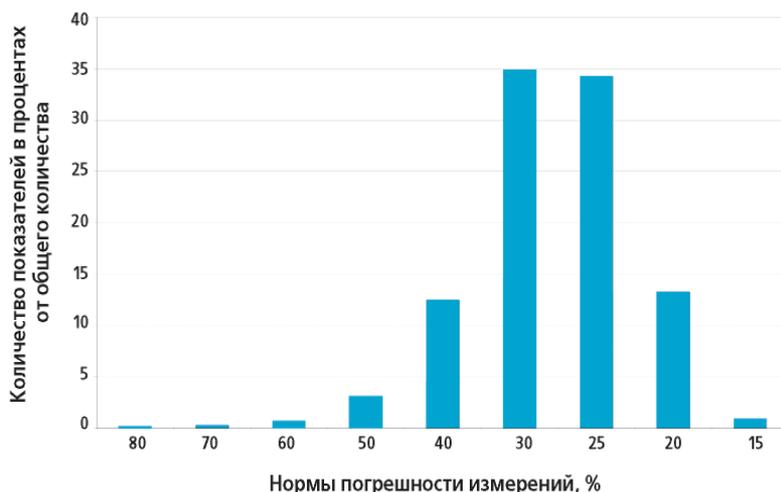


Рис. 2. Распределение значений нормы погрешности измерений в зависимости от ПДК загрязняющих веществ в питьевой воде.

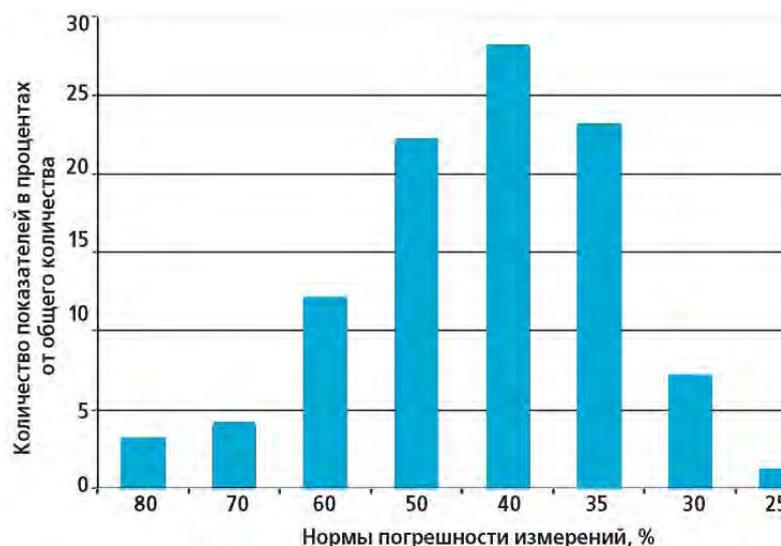


Рис. 3. Распределение значений нормы погрешности измерений в зависимости от ПДК загрязняющих веществ в природной воде.

### Таблица 1

Максимальные значения результатов измерений, для которых  $\beta \leq 2,5\%$  при типичных значениях приписанной характеристики погрешности

$\pm \delta, \%$	10	20	30	40	50	60	70
C	0,91	0,83	0,77	0,71	0,67	0,63	0,59

ренная концентрация не больше ПДК, а истинная – больше) существуют при любых значениях C, однако, в ситуациях 1 и 4 они незначительны. Так, например, в ситуации 1  $\beta \leq (1-P)/2 = 0,025$ , поскольку  $P = 0,95$ .

Из табл. 1 видно, что столь малые значения  $\beta$  бывают либо при малой погрешности измерений, обычно свойственной малоопасным загрязняющим веществам, либо при низкой концентрации опасных веществ, заметно удаленной от ПДК.

**Пример 1.** Результат измерений по методике, допущенной для государственного экологического и производственного контроля [13] концентрации бериллия в природной воде  $C = 0,18$  мкг/дм<sup>3</sup>. Поскольку ПДК бериллия в природной воде – 0,3 мкг/дм<sup>3</sup> [12], то делается заключение о соответствии воды установленным требованиям по данному показателю. Насколько надежно это заключение?

**Решение.** Концентрация бериллия в долях ПДК

$$c = \frac{C}{\text{ПДК}} = \frac{0,18 \text{ мкг/дм}^3}{0,3 \text{ мкг/дм}^3} = 0,6,$$

а  $\delta = 20\%$  в диапазоне концентраций 0,1–1 мкг/дм<sup>3</sup> [13]. Следовательно, результат измерений не превышает предельного значения по табл. 1, т.е.  $\beta \leq 2,5\%$ , а заключение о соответствии надежно.

В ситуации 2 также делается заключение о соответствии, но с повышенным значением величины  $\beta$ , равной при принятом здесь и далее предположении о нормальном распределении концентрации

$$1 - \Phi\left(-\frac{\text{ПДК} - C}{\sigma}\right),$$

где  $\Phi(x)$  функция нормального распределения,

$\sigma = \frac{\Delta}{Z_p}$  – среднеквадратическое отклонение,

$Z_p = 1,96$  – квантиль при  $P = 0,95$ . Из табл. 2 видно, что искомая вероятность увеличивается практически до 50% – значения, при котором правильные и ложные заключения о соответствии могут быть равновероятны, при  $\delta > 40\%$  и  $c > 0,85$ .

**Пример 2.** Определить вероятность ошибки при заключении о соответствии концентра-

ции бериллия в природной воде установленным требованиям, если его измеренная концентрация  $C = 0,285$  мкг/дм<sup>3</sup>.

**Решение.** В данном случае

$$c = \frac{0,285 \text{ мкг/дм}^3}{0,3 \text{ мкг/дм}^3} = 0,95,$$

и при установленной для бериллия погрешности измерения  $\beta = 30\%$  (табл. 2).

В ситуации 3 делается заключение о несоответствии, поскольку  $C > \text{ПДК}$ . Но из табл. 1 в [6] видно, что величина  $\alpha$  увеличивается практически до 50% – значения, при котором правильные и ложные заключения могут быть равновероятны, если  $\delta > 40\%$  и  $c < 1,2$ .

**Пример 3.** Определить вероятность ошибки при заключении о несоответствии концентрации бериллия в природной воде установленным требованиям, если его измеренная концентрация  $C = 0,31$  мкг/дм<sup>3</sup>.

**Решение.** Здесь

$$c = \frac{0,31 \text{ мкг/дм}^3}{0,3 \text{ мкг/дм}^3} = 1,03,$$

поэтому согласно [6] при ранее приведенной погрешности измерений:  $\alpha = 32\%$ .

В ситуации 4 вероятность ложного признания несоответствия не превышает  $(1-P)/2 = 2,5\%$ . Столь малые вероятности этой ошибки бывают либо при малой погрешности измерений, обычно свойственной малоопасным загрязняющим веществам, либо при повышенной концентрации опасных веществ, заметно удаленной от ПДК (табл. 4), тогда как на практике важны случаи близости этой величины к ПДК.

**Пример 4.** Измеренная концентрация бериллия в природной воде –  $C = 0,45$  мкг/дм<sup>3</sup>, поэтому делается заключение о несоответствии. Насколько оно надежно?

**Решение.** Здесь

$$c = \frac{0,45 \text{ мкг/дм}^3}{0,3 \text{ мкг/дм}^3} = 1,5,$$

### Таблица 2

Вероятность ложного признания соответствия

Границы относительной погрешности при $P=0,95, \pm\delta, \%$	c					
	0,5	0,65	0,75	0,85	0,90	0,95
	$\beta$					
10	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	15
20	< 2,5	< 2,5	< 2,5	4	13	30
30	< 2,5	< 2,5	< 2,5	12	23	36
40	< 2,5	< 2,5	5	19	29	40
50	< 2,5	< 2,5	9	24	32	42
60	< 2,5	4	13	28	36	43
70	< 2,5	6	17	31	38	44



**Таблица 4**

Минимальные значения результатов измерений, для которых  $\alpha \leq 2,5\%$  при типичных значениях приписанной характеристики погрешности

$\pm\delta, \%$	10	20	30	40	50	60	70
С, доли ПДК	1,11	1,25	1,43	1,67	2,00	1,50	3,33

**Таблица 5**

Границы подобластей концентраций 2,4-Д и соответствующие вероятности ошибок  $\beta$  (2 и 3 строки) и  $\alpha$  (4 и 5 строки)

Подобласть	Диапазон значений, мг/дм <sup>3</sup>	Вероятности ошибок, %
I	0,01-0,0237	$\leq 2,5$
II	0,0237-0,03	2,5-50
III	0,03-0,0405	50-2,5
IV	0,0405-0,50	$\leq 2,5$

что, согласно табл. 4, больше минимального значения при  $\delta = 20\%$ . Поэтому  $\alpha \leq 2,5\%$ , и решение надежно.

*Области надежных и ненадежных результатов измерений.* Отметим, что в рассмотренных выше ситуациях 1 и 4 результатам измерений можно доверять, делая заключение о соответствии/несоответствии вод установленным требованиям, а в ситуациях 2 и 3 – нельзя. Нижняя граница, разделяющая область возможных значений концентрации на подобласти I и II, где реализуются ситуации 1 и 2, находится из условия ПДК-С=Δ или

$$c = \frac{1}{1 + 0,01 \delta},$$

а верхняя, разделяющая подобласти III и IV, где реализуются ситуации 3 и 4 – из условия

$$c = \frac{1}{1 + 0,01 \delta}$$

в соответствии с рис. 3, построенном для случая  $P=0,95$ . Видно, что ширина подобластей II и III по-разному увеличивается с ростом приписанной характеристики относительной погрешности – при  $\pm\delta = \pm 5\%$  подобласть II ограничена значениями (0,95-1) ПДК, а подобласть III – (1-1,05) ПДК, тогда как при  $\pm\delta = \pm 70\%$  они ограничены значениями (0,59-1) ПДК и (1- 3,33) ПДК, соответственно.

*Пример 5.* Определить границы, в которых могут быть сделаны надежные и ненадежные заключения о качестве вод по результатам измерения концентрации 2,4-дихлорфенокси-уксусной кислоты (2,4-Д) в питьевой воде.

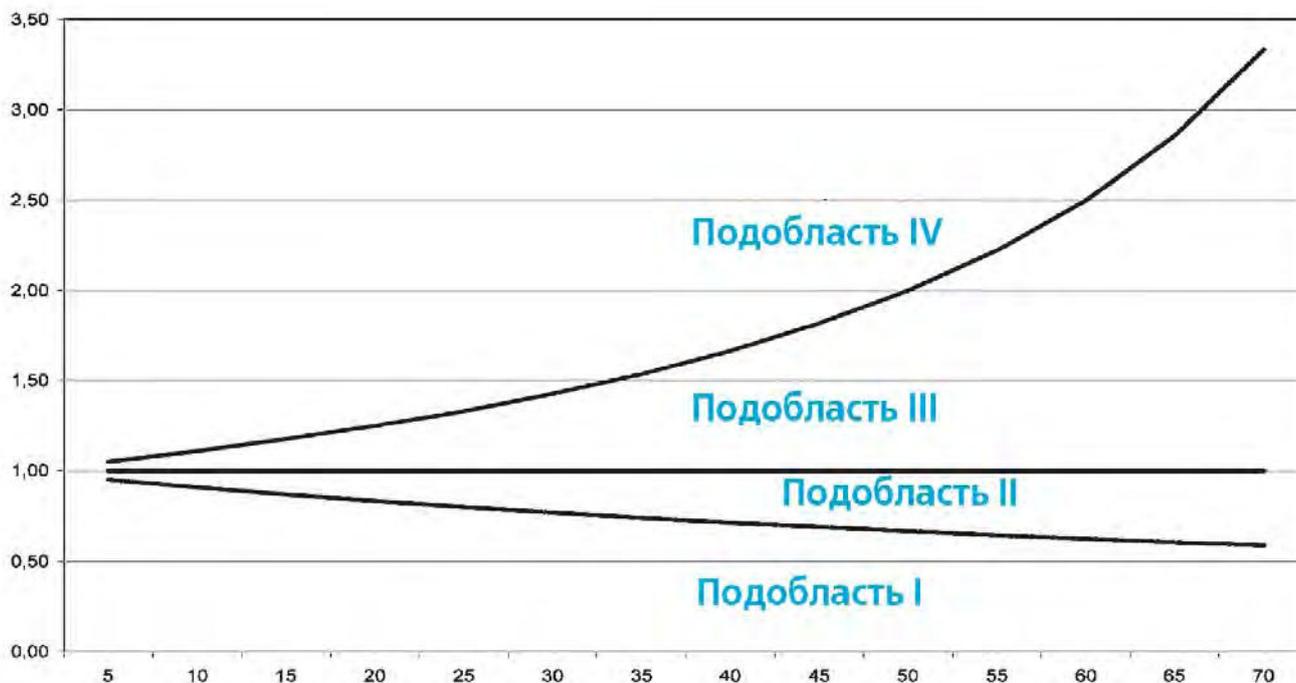
*Решение.* ПДК 2,4-Д в питьевой воде – 0,03 мг/дм<sup>3</sup> [7]  $\delta_n[4]$ , а  $\delta$ , установленная методом жидкостной хроматографии [15] в диапазоне концентраций 0,01-0,5 мг/дм<sup>3</sup> – 26%. Поэтому границы, разделяющие подобласти I и II, а также III и IV нетрудно найти из уравнений

$$C = cПДК = \frac{ПДК}{1 \pm 0,26},$$

Результат приведен в табл. 5. Видно, что искомые границы лежат на уровне 0,0237 и 0,0405 мг/дм<sup>3</sup>. Следовательно, измерениям можно доверять только при условии, что концентрация вещества лежит вне этих границ, практически в областях меньше 0,8 ПДК или больше 1,3 ПДК.

Выполненный анализ показывает, что надежные для принятия заключений о соответствии/несоответствии качества вод результаты измерений в существующей системе метрологического обеспечения могут быть получены преимущественно либо при значительном отличии концентрации от ПДК, либо при малых погрешностях, приписанных методикам измерений малоопасных веществ.





**Рис. 3.** Разбиение области возможных значений концентрации загрязняющего вещества на подобласти в зависимости от приписанной характеристики относительной погрешности измерений.

Из рис. 3 видно, что для большого количества опасных веществ, имеющих  $\delta > 40\%$ , область ненадежных результатов измерений лежит в значительно более широком диапазоне, чем для 2,4-Д (пример 5). Например, при  $\delta = 70\%$  нельзя доверять результатам, полученным в диапазоне  $C \approx 0,5-3,3$  ПДК. В целом, в исключительно значимых на практике областях погрешностей и концентраций результаты измерений ненадежны. Соответственно, велик риск ложных заключений и, следовательно, ошибочных управленческих решений, причиняющих в разных случаях экологический или экономический вред. Для того чтобы указанным риском можно было управлять, удерживая его на уровне, «который в данной ситуации считают приемлемым при существующих общественных ценностях» [14], необходимо установление максимально допустимых норм погрешности измерений, приемлемых для условий конкретных водных систем и реально достижимого уровня точности измерений. Это позволит изначально обоснованно подходить к выбору средств и методик измерений.

### Заключение

**В** районе значений ПДК формируется область, где могут быть сделаны ложные заключения о соответствии/несоответствии воды установленным требованиям.

Риск ложных заключений тем выше, чем больше погрешность измерений, возрастающая, в свою очередь, при уменьшении ПДК; для наиболее распространенных загрязняющих веществ эта погрешность составляет в среднем  $\pm 30\%$  в питьевой и  $\pm 40\%$  в природной воде, а для наиболее опасных –  $\pm 70\%$ .

Область ненадежных заключений о соответствии расширяется при увеличении приписанной характеристики погрешности  $\delta$  так, что при доверительной вероятности  $P=0,95$  и  $\delta=10\%$  она находится в диапазоне от 0,9 ПДК до 1,2 ПДК, а при  $\delta=70\%$  – в от 0,6 ПДК до 3,3 ПДК, что явно неприемлемо, например, при расчете суммы платы за водопользование.

Встраивание метрологического обеспечения водопользования в систему водно-экологического регулирования требует использования методик и средств измерений с показателями точности, гарантирующими допустимый уровень риска ложных заключений о соответствии.

### Литература

1. Данилов-Данильян В.И. Гарантированное водопользование в рыночных условиях / Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. // Водные ресурсы, 2009 Т. 36. № 2. С. 228-239.
2. Никаноров А.М. Научные основы мониторинга качества вод. Гидрометеоиздат, С-Петербург: 2005. 576 с.
3. ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений

4. ГОСТ 27384-2002 Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств
5. МИ 1317-2004 Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров
6. О.М. Розенталь, А.И. Авербух. Оценка соответствия качества вод установленным требованиям. Вода: химия и экология, №11, 2010, с. 47-52.
7. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода и водоснабжение населенных мест питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества
8. ГОСТ Р 51310-99 Вода питьевая. Метод определения содержания бенз(а)пирена
9. ГОСТ Р 51309-99 Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии
10. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

**Ключевые слова:**  
показатель качества  
вод,  
погрешность  
измерений,  
норма погрешности,  
приписанная  
характеристика  
погрешности,  
заключение  
о соответствии/  
несоответствии

11. ГН 2.1.5.1316-03 Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования
12. Перечень ПДК Рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение, Изд-во ВНИРО, Москва 1999 г.
13. ПНД Ф 14.1:2:4.135-98 (2008) Методика выполнения измерений массовых концентраций металлов методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой в питьевой, природной, сточной водах и атмосферных осадках.
14. ГОСТ Р 51898-2002 Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты
15. ГОСТ Р 52730-2007 Вода питьевая. Методы определения содержания 2,4-Д



A.I. Averbukh, O.M. Rozenral'

## METROLOGICAL SUPPORT OF WATER QUALITY CONTROL

Influence of measurement inaccuracy on adequate estimation of water quality has been investigated. Error bound was shown to be less than 30% for ubiquitous pollutants in drinking water, and about 40% for pollutants in natural waters. Risk of falsity in water

quality estimation comes up to 20-50% in the range (0,8-1,2) MPC with error bounds typical for ubiquitous pollutants. Water measurement techniques as well as measurement means are to be optimized in such a way that accuracy rates would

guarantee acceptable level of risk of falsity in water quality estimation.

**Key words:** water quality factor, measurement inaccuracy, error bound, finding of conformity

# НОВЫЕ модифицированные сорбенты НА ОСНОВЕ ГЛИНЫ для очистки **СТОЧНЫХ ВОД** от ионов железа

**Проводилось исследование сорбентов, полученных на основе глины Куганакского месторождения, для адсорбционной очистки сточных вод от ионов железа.**

**Изготовлены модифицированные сорбенты, изучены их адсорбционные свойства на загрязненных ионами железа сточных водах при различных условиях.**

## Введение

**О**чистка сточных вод от тяжелых металлов – жизненно важное направление системного оздоровления экологической обстановки в окружающей среде, так как повышенное содержание солей тяжелых металлов крайне отрицательно действует на организм человека. Большинство гальванических цехов сбрасывают производственные сточные воды, содержащие Mn, Fe, Pb, Cd, Cu и др., непосредственно в городскую канализацию без очистки. Горно-обогатительные комбинаты являются источниками распространения массы тяжелых металлов в атмосферу, гидросферу и почву. Известные ионообменные методы очистки сточных вод требуют значительных капитальных затрат. Все большее применение находят сорбционные методы с использованием неуглеродных сорбентов естественного и искусственного происхождения (глинистые породы, цеолиты и др.). Практика работы систем очистки сточных вод показывает, что сорбционная обработка целесообразна как «финишная» операция после механической и других, более дешевых видов очистки от грубодисперсных, коллоидных и части растворенных примесей. Обычная оптимальная последовательность процессов физико-химической очистки: коагуляция – отстаивание (флотация) – фильтрование – сорбция. Адсорбционные методы широко применяются для глубокой очистки сточных вод от растворенных органических веществ после биохимической очистки, а также в локальных установках, если концентрация этих веществ в воде невелика и они биологически не разла-

**В.Ж. Бикулова\***,  
доцент кафедры  
«Охрана  
окружающей среды  
и рациональное  
использование  
природных ресурсов»  
Уфимской  
государственной  
академии экономики  
и сервиса

**Ф.М. Латыпова**,  
доцент кафедры  
«Охрана  
окружающей среды  
и рациональное  
использование  
природных ресурсов»  
Уфимской  
государственной  
академии экономики  
и сервиса

**Л.Х. Мухаметдинова**,  
аспирант кафедры  
«Охрана  
окружающей среды  
и рациональное  
использование  
природных ресурсов»  
Уфимской  
государственной  
академии экономики  
и сервиса



гаются или являются сильно токсичными. Достоинством метода является высокая эффективность, возможность очистки сточных вод, содержащих несколько веществ. Важным является возможность регенеративной адсорбционной очистки, то есть извлечение вещества из сорбента, его утилизация и деструкция. Содержащееся в воде железо (III) вследствие низкого значения  $pH$  гидратообразования при нейтрализации выпадает в осадок в форме  $Fe(OH)_3$ . На сегодняшний день не существует единого универсального метода комплексного удаления всех существующих форм железа из воды [1].

## Материалы и методы исследования

**В**данной работе приводятся результаты исследования сорбционных свойств модифицированных сорбентов, полученных на основе монтмориллонита Куганакского месторождения. Объектами исследования являлись модельные растворы, аналогичные промышленным сточным водам. Модифицированные образцы сорбен-

\* Адрес для корреспонденции: [bikkulova-v@yandex.ru](mailto:bikkulova-v@yandex.ru)

тов изготавливались с использованием связующих компонентов и активных ингредиентов с последующим прокаливанием при различных температурах [2, 3].

Эксперименты проводились в проточном режиме в колонке диаметром 8 мм и высотой 20 см, заполненной сорбентом. Сверху колонки подавался модельный раствор с содержанием ионов железа  $Fe^{2+}$ , снизу отбиралась очищенная вода. Степень очистки определялась на фотоколориметре КФК-2. Для изучения влияния площади сорбции были испытаны два образца сорбентов с диаметром 5-6 и 1-2 мм, прокаленных при  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  [4].

## Результаты и их обсуждение

С увеличением времени работы сорбента (6, 12, 18 мин) адсорбционная способность увеличивается (рис. 1).

Адсорбционная способность сорбента, прокаленного при температуре  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ , выше по сравнению с сорбентом, прокаленным при  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При пропускании модельного раствора через слой с мелкой фракцией степень очистки составляет 100 %, а с крупной фракцией – 73 %, что объясняется влиянием площади поверхности на степень очистки (рис. 2) Использование сорбента, прокаленного при температуре  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  и измельченного в мел-

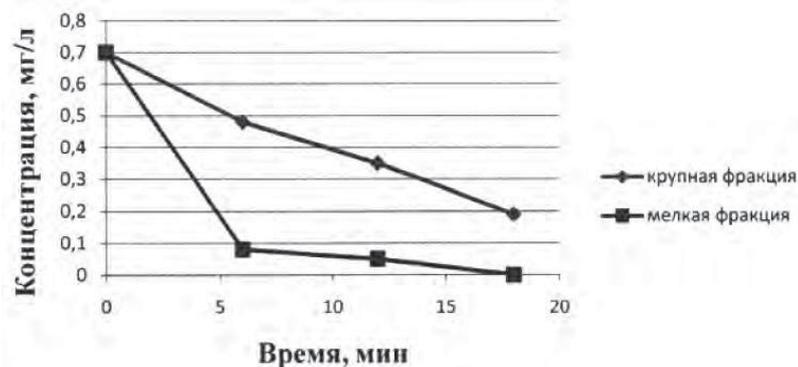


Рис. 1. Зависимость концентрации железа в модельном растворе от времени отбора (сорбент ГС,  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

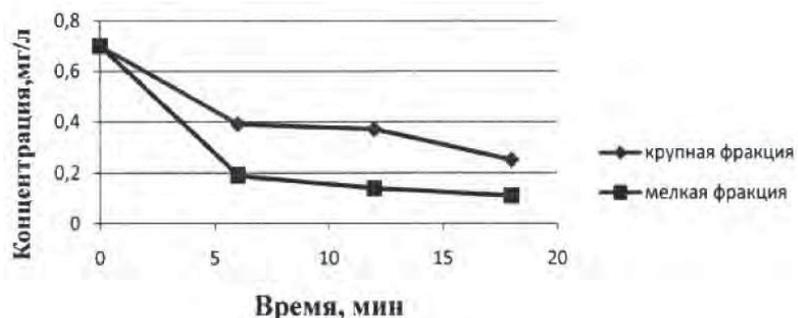


Рис. 2. Зависимость концентрации железа в модельном растворе от времени отбора (сорбент ГС,  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

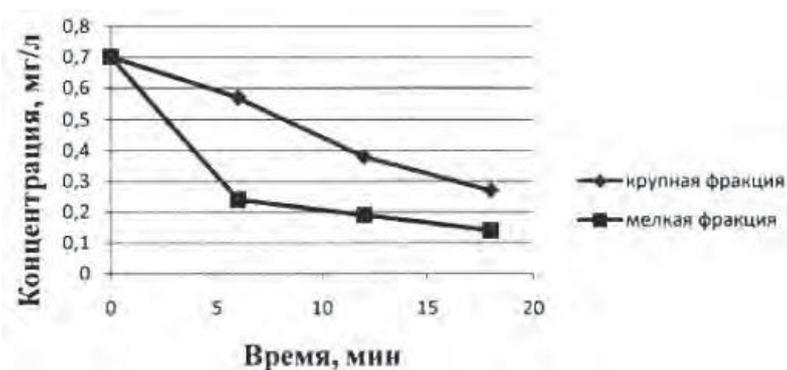


Рис. 3. Зависимость концентрации железа в модельном растворе от времени отбора (сорбент ГС,  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

### Ключевые слова:

адсорбция,  
глина,  
сточные воды,  
ионы железа,  
модифицированные  
сорбенты

кую фракцию, приводит к снижению концентрации железа до  $0,11\text{ мг/дм}^3$  за 18 мин работы сорбента. Поглощательная способность сорбента, имеющего крупную фракцию, ниже и степень поглощения его составляет всего 64 %, что соответствует  $0,25\text{ мг/м}^3$  за то же время работы сорбента (рис. 3).

Из всех исследованных сорбентов ГС, прокаленный при  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ , имеет наибольший показатель степени поглощения. При работе этого сорбента происходит практически полное удаление ионов железа. Этот сорбент позволяет снизить содержание железа до предельно-допустимой концентрации с первых минут работы сорбента [5].

Результаты исследований всех приготовленных нами сорбентов с различными температурами прокаливания и разными размерами гранул по адсорбционной очистке воды от ионов железа сведены в табл. 1.

Регенерация осуществлялась 1 М раствором соляной кислоты в течение одного часа с последующим промыванием дистиллированной воды до нейтральной среды. Концентрацию железа в солянокислотном растворе определяли по ПНДФ 14, 1: 2. 50-96. Согласно полученным результатам, сорбент активизировался и ионы железа после регенерации в нем отсутствовали [6].



### Таблица 1

Результаты исследований по адсорбционной очистке воды от ионов железа (концентрация модельного раствора – 0,7 мг/дм<sup>3</sup>, скорость фильтрования – 0,6 дм<sup>3</sup>/ч)

Сорбент	ГС (400 °С)	ГС (400 °С)	ГС (600 °С)	ГС (600 °С)	ГС (800 °С)	ГС (800 °С)
Размер гранул, мм	1-2	5-6	1-2	5-6	1-2	5-6
Масса, г	21,25	17,15	14,21	11,35	13,9	11,45
Объем поглощенного раствора, см <sup>3</sup>	10	5	8	4	7	4
Конечная концентрация раствора, мг/дм <sup>3</sup>	0,04	0,34	0,15	0,34	0,19	0,41
Степень поглощения, %	94	51	79	51	72	41

### Заключение

**В** результате проведенной работы были изготовлены модифицированные сорбенты на основе монтмориллонита Куганакского месторождения и проведены исследования по очистке сточных вод от ионов железа. Установлено, что сорбционная способность сорбентов зависят от температуры обжига и размеров гранул. Лучшую сорбционную способность проявляют сорбенты размерами 1-2 мм, прокаленного при 400 °С. Показана возможность регенерации сорбентов с использованием 1 М раствора соляной кислоты.

### Литература

1. Конкреции и конкреционный анализ: Сборник статей/ Под ред. П.В. Зарицкого. М.: Наука, 1977. 245 с.

- ГОСТ 13078-81. Стекло натриевое жидкое. Технические условия. Введ. 1989–08–09. – М.: Госстандарт России. 1981. 23 с.
- ГОСТ 8.315–97. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения. Введ. 1998–01–07. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов. 1997. 18 с.
- ПНД Ф14.1:2.50–96. Методика выполнения измерений массовой концентрации общего железа в природных и сточных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой. Введ. 1996–10–10. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2004. 16 с.
- Реймерс Н.Ф. Охрана природы и окружающей человека среды: Словарь-справочник/ Н. Реймерс. М.: Просвещение, 1992. 320 с.
- Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н.Ф. Реймерс // Россия Молодая. 2003. С. 42-47.



V. Zh. Bikulova, F.M. Latypova, L. Kh. Mukhametdinova, F.R. Saetgalieva

## NEW MODIFIED CLAY – BASED SORBENTS FOR WATER PURIFICATION FROM FERRIC IONS

Ferric ion adsorption properties of clay-based sorbents of Kurganakscoe minefield have been analyzed. Modified sorbents have

been developed, with adsorption properties being investigated for sewage waters under variable conditions.

**Key words:** adsorption, clay, sewage, ferric ions, modified sorbents



# ВЕТРОВОЕ ВОЛНЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА в Главном плесе РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

**Выполнен анализ основных характеристик ветрового волнения в центральной части Рыбинского водохранилища и дана оценка вертикального турбулентного обмена. Исследована временная динамика поверхностного квазиоднородного слоя воды в годы разной водности и ветровой активности. Показано, что динамика перемешанного слоя воды в основном определяется силой ветра. При скорости ветра 10 м/с и выше перемешиванием охвачена вся водная масса от поверхности до дна. Значительный вклад во временную изменчивость температуры в термоклине могут вносить внутренние волны.**

## Введение

**Р**ыбинское водохранилище – озеровидный мелководный водоем. При площади 4550 км<sup>2</sup> при нормальном подпорном уровне (НПУ) средняя глубина 5,6 м, 20 % площади занимают мелководья с глубинами до 2 м. Площадь Главного плеса составляет около 80 % суммарной площади водохранилища.

Преобладающие направления ветра над акваторией водохранилища – западного, северо-западного и южного направлений, составляющие в среднем около 75 %. Среднемесячная скорость ветра довольно устойчива в весенне-летний период и резко возрастает к осени. Скорость ветра более 6 м/с над акваторией водоема в безледный период имеет 50 %-ную обеспеченность. Повторяемость ветра со скоростью 8-12 м/с составляет 12-15 %. Длина разгона волн при НПУ в направлении с севера (С) на юг (Ю) может превышать 100 км, а с запада (З) на восток (В) (в наиболее широкой части) составляет 56 км. При сработке уровня водохранилища длина разгона волн и глубина водоема по пути разгона уменьшаются, что оказывает серьезное влияние на элементы волн. На водохранилище детальное изучение волнения было начато Рыбинской гидрометеообсерваторией (ГМО) с момента его заполнения и проводилось до 1962 г. [1].

**А.С. Литвинов\***,

доктор  
географических наук,  
главный научный  
сотрудник,  
заведующий  
лабораторией  
гидрологии  
и гидрохимии,  
Институт биологии  
внутренних вод  
им. И.Д. Папанина  
РАН

**Л.А. Кучай,**

научный сотрудник,  
лаборатория  
гидрологии  
и гидрохимии,  
Институт биологии  
внутренних вод  
им. И.Д. Папанина  
РАН

**Е.Н. Соколова,**



Термический режим водоема является функцией приходящего тепла на его поверхность и динамики вод. Детальное изучение термического режима Рыбинского водохранилища лабораторией гидрологии и гидрохимии ИБВВ РАН проводилось в 1960-1964 гг. при организации регулярных синхронных съемок. Исследования температурного режима водохранилища, как экологического фактора, продолжают систематически проводиться в ИБВВ РАН с 1965 г. [2].

## Результаты и их обсуждение

**Д**инамический режим водной массы в Главном плесе определяется главным образом скоростью ветра. Термический и динамический режимы неразрывно связаны между собой. По данным Рыбинской ГМО при скорости ветра 5 м/с высота волны

\* Адрес для корреспонденции: [litvinov@ibiw.yaroslavl.ru](mailto:litvinov@ibiw.yaroslavl.ru)

**Таблица 1**

Элементы волн в центре Главного плеса  
Рыбинского водохранилища

Направление ветра	Скорость ветра (м/сек)	Глубина по длине разгона (h м)	Длина Волны (м)	Высота Волны (м)
С	5	5,64	11,28	0,57
Ю	5	4,07	8,13	0,46
З	5	4,85	9,70	0,52
СЗ	5	2,52	5,04	0,34
С	10	11,28	22,56	1,36
Ю	10	8,13	16,27	1,10
З	10	9,70	19,40	1,23
СЗ	10	5,04	10,09	0,80
С	15	16,92	33,84	2,26
Ю	15	12,20	24,40	1,82
З	15	14,55	29,11	2,05
СЗ	15	7,57	15,13	1,32

в центре водохранилища равна 50 см, длина – 6,2 м, период составляет 2 сек. При увеличении скорости ветра до 10 м/с высота волны увеличивается до 110 см, а длина достигает 18 м, период составляет 3,4 сек. На значительной части акватории Главного плеса, при скорости ветра 15 м/с и выше, преобладают волны до 160–200 см. При ветре устойчивого направления высота волны быстро реагирует на изменение скорости ветра. Среднее количество дней за период открытой воды, когда высота волны достигает 100 см в среднем, составляет 20

младший научный сотрудник, лаборатория гидрологии и гидрохимии, Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН

сут. Это имеет место при ветрах северного и северо-западного направлений. В мае и июле высота волны от 75 до 100 см имеет наименьшую повторяемость. К концу безледного периода (октябрь), несмотря на значительное количество штормов, высота волны несколько уменьшается, что связано с установлением наиболее низкого уровня [1]. Высота волны 55–65 см в центральной части Главного плеса может наблюдаться в течение половины безледного периода (табл. 1). Характер турбулентных процессов в водоеме во многом обусловлен ветровым волнением. Используя методику мелкого моря выполнена оценка коэффициентов вертикального турбулентного обмена в Главном плесе Рыбинского водохранилища [3]. Согласно выполненным расчетам при скорости ветра 5 м/с величина турбулентного обмена на поверхности составляет  $34,9 \text{ гсм}^{-1} \cdot \text{сек}^{-1}$ , а при скорости ветра 10 м/с увеличивается до  $99,3 \text{ гсм}^{-1} \cdot \text{сек}^{-1}$  (табл. 2).

С глубиной интенсивность ветрового перемешивания быстро убывает. При скорости ветра 5 м/с на глубине 2 м волновое перемешивание практически отсутствует, а при скорости ветра 10 м/с достигает 6–7 м.

Расчеты коэффициентов вертикального турбулентного обмена при различных характеристиках ветрового волнения в центральной части водохранилища показали, что глубина перемешанного слоя воды в среднем составляет половину длины волны.

Для исследования временной динамики поверхностного квазиоднородного слоя



**Таблица 2**

Изменение коэффициентов вертикального турбулентного обмена ( $\text{гсм}^{-1} \cdot \text{сек}^{-1}$ ) в зависимости от глубины

Горизонт, м	Скорость ветра, м/сек		
	5	10	15
0	34.9	99.3	165.2
1	4.5	49.9	93.8
2	0.7	23.9	51.8
3	0.06	11.8	29.1
4	0.0	5.0	15.5
5	0.0	2.6	8.5
6	0.0	1.4	4.2
7	0.0	0.5	2.1
8	0.0	0.2	0.7
9	0.0	0.03	0.2

воды из непрерывного ряда наблюдений были выбраны 19 лет, разных по водности, ветровой активности и средней температуре воды в водоеме за безледный период. По ежесуточным данным наблюдения за скоростью и направлением ветра в эти годы (данные Рыбинской ГМО) рассчитана глубина перемешанного слоя воды –  $h$  (м) для 4-х станций Главного плеса Рыбинского водохранилища. Для расчета использовалась формула длины волны Н.А.Лабзовского [4]:  $L = 0,319 \cdot W \cdot \sqrt{D}$ , где  $W$  – скорость ветра (м/сек),  $D$  – разгон волны (км) от береговой линии до расчетной станции в направлении действия ветра. Высота волны была рассчитана по формуле Андреянова В.Г.:  $H = 0,0208$

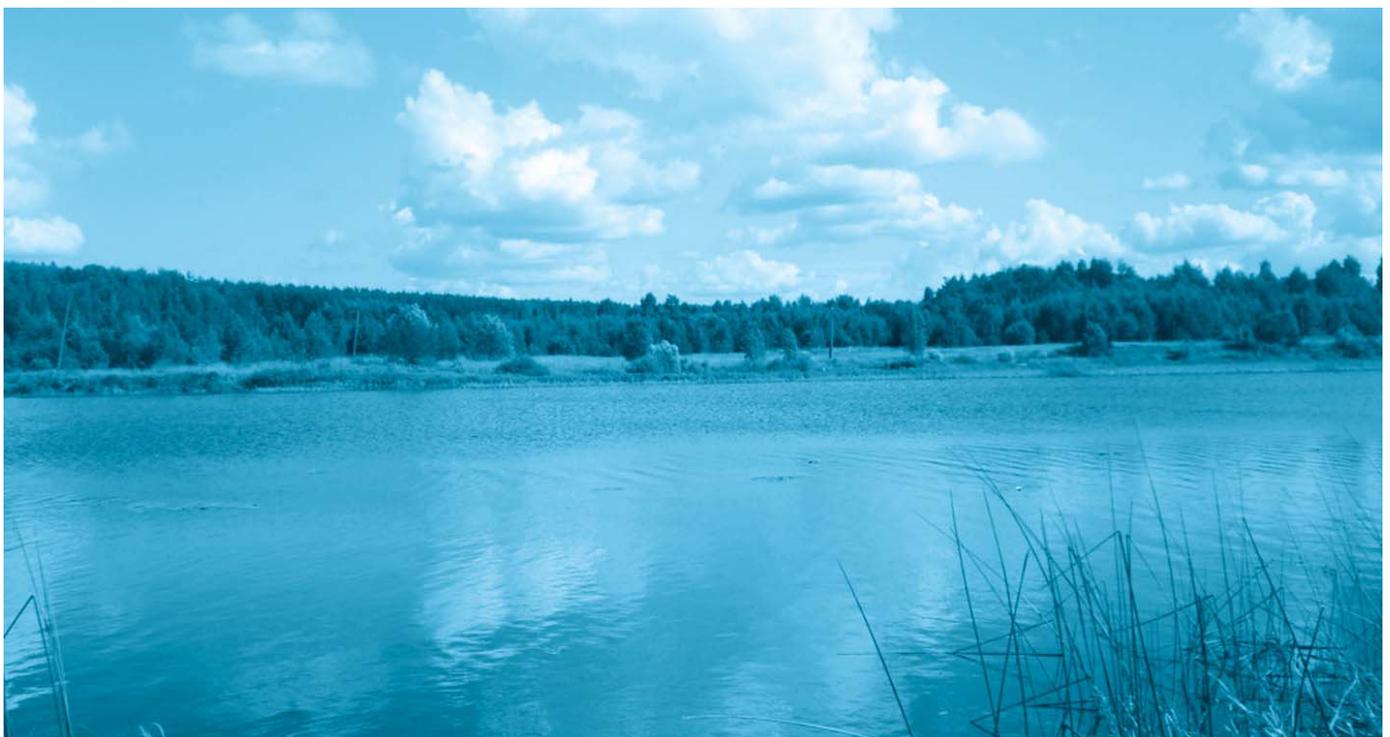
$W^{5/4} \cdot D^{1/3}$  [4]. Разгон волны вычислялся по 16 румбам [5].

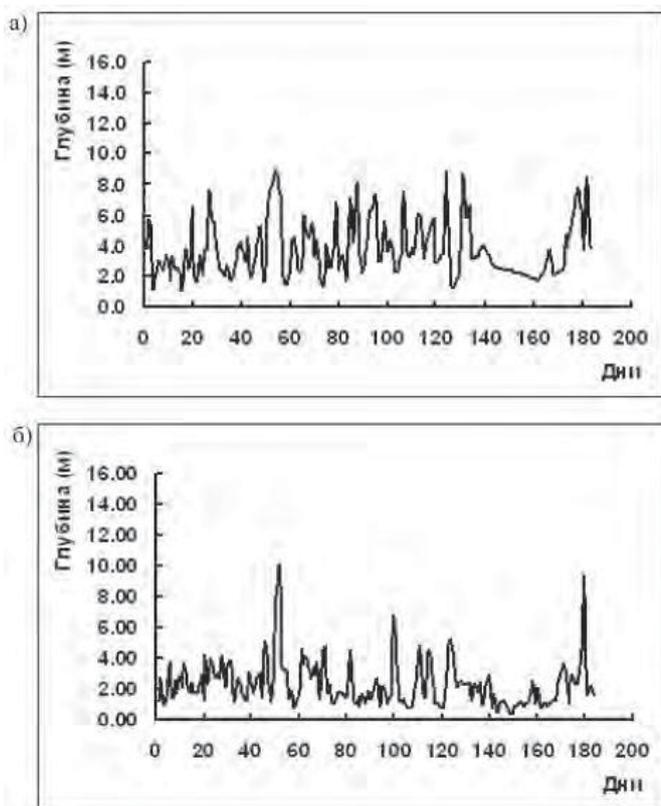
В качестве примера на *рис. 1* приведена динамика величины  $h$ , рассчитанной по данным 1983 и 2005 гг, многолетних, со средней температурой вегетационного периода выше нормы.

Сильные ветры в 1983 г. способствовали достаточно интенсивному перемешиванию даже в летний период – глубина поверхностного квазиоднородного слоя воды в этот период составляла 7–9.5 м. Слабая ветровая деятельность над поверхностью водоема в 2005 г. привела к образованию поверхностного перемешанного слоя воды в весенне-летний период толщиной, в среднем (за редким исключением), 2-3 м, увеличившейся только в последней декаде осени.

Анализ динамики перемешанного слоя воды показал, что эта величина определяется, в основном, силой ветра и термическая стратификация может нарушаться в течение весенне-летнего периода. Определенной тенденции в межгодовых изменениях продолжительности периода стратификации не наблюдается. В годы, когда средняя температура воздуха ниже нормы, водность повышенная, а ветры сильные, стратификация неустойчива и кратковременна.

Рассчитанные величины толщины поверхностного перемешанного слоя были использованы при моделировании вертикального распределения температуры в двухслойной модели, отражающей стратификацию водной толщи в весенний и летний периоды.





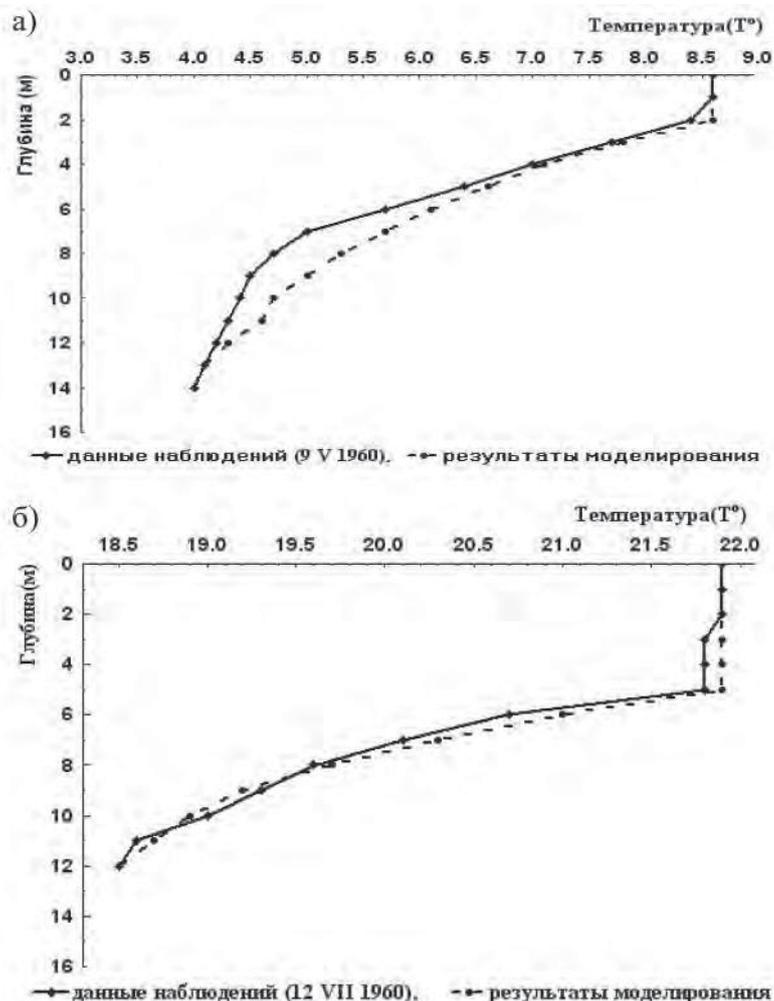
**Рис. 1.** Динамика толщины поверхностного перемешанного слоя воды в вегетационный период 1983 г. (а) и 2005 г. (б).

Примеры такой стратификации и их модели приведены на *рис. 2 и 3*.

Период интенсивного весенне-летнего прогрева характеризуется существенными различиями температуры по акватории водохранилища и термическим расслоением водной массы по вертикали. В мае температура по акватории в Главном плесе может изменяться от 5 °С до 14 °С. В маловодные годы весенняя стратификация появляется, когда средняя температура выше нормы и ветер достаточно слабый. Градиенты температуры в слое скачка могут достигать 7-8 °С на 1 м глубины.

Значительный вклад во временную изменчивость температуры в термоклине могут вносить внутренние волны различного периода. В конце мая 1979 г. при температуре воды в верхнем 4-х метровом слое 13-14 °С, а глубже 8 м – 7-6 °С, в термоклине на горизонте 4 м флуктуации температуры в течение суток достигали 9 °С. При этом были выделены колебания с периодами от 10 мин до 10,5 ч [6]. Основным источником внутренних волн в период термического расслоения может

**Рис. 2.** Пример весенней и летней стратификации водной толщи в Главном плесе (а, б). →



служить неравномерность работы гидросооружений водохранилища и кратковременные усиления ветра (шквалы).

### Заключение

**В** Главном плесе Рыбинского водохранилища наибольшие размеры и наибольшую повторяемость элементы волн имеют при ветрах северного и северо-западного направлений, наименьшую – южного и юго-восточного. Максимальные элементы волн 1 % обеспеченности могут наблюдаться при скорости ветра выше 15 м/с.

Расчеты коэффициентов вертикального турбулентного обмена при различных характеристиках ветрового волнения в центральной части водохранилища показали, что при скорости ветра 10 м/с и выше ветровое перемешивание охватывает всю водную толщу от поверхности до дна.

В годы, когда средняя температура воздуха ниже нормы, влажность повышенная, а ветры сильные, гомотермия устанавливается на продолжительное время. Стратификация в таких условиях неустойчива, кратковременна и совпадает с тихой погодой. При слабых

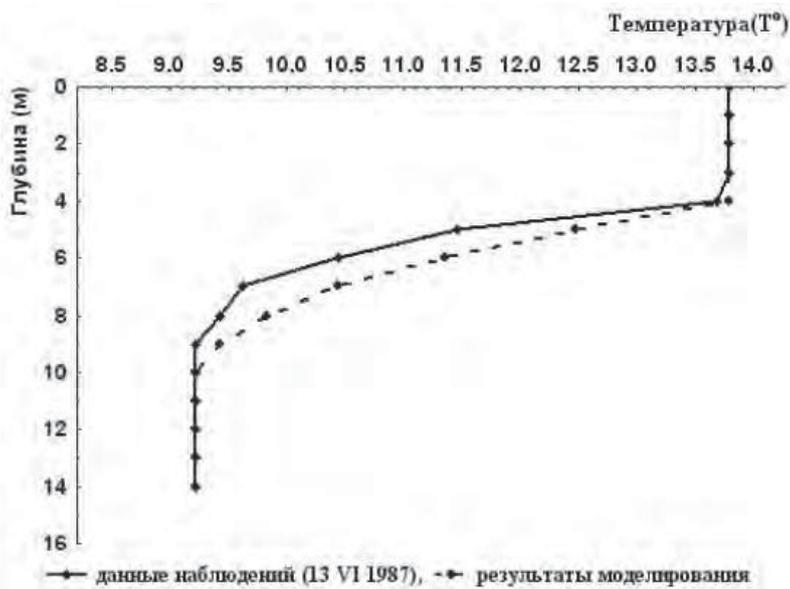


Рис. 3. Пример сформировавшегося летнего термоклина.

ветрах устойчивое расслоение с толщиной поверхностного квазигомогенного слоя воды 2,5–3 м сохраняется до середины июля. Определенной тенденции в межгодовых изменениях продолжительности периода неустойчивой весенней стратификации не обнаруживается.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 10-05-00593.

**Ключевые слова:**

ветровое волнение,  
глубина  
перемешивания,  
термическая  
структура

**Литература**

1. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Водоохранилища Верхней Волги. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 291 с.
2. Буторин Н.В. Температура воды и грунтов Рыбинского водохранилища / Буторин Н.В., Курдина Т.Н., Бакастов С.С.//Л.: Наука. 1982. 223 с.
3. Литвинов А.С. Энерго- и массообмен в водохранилищах Волжского каскада. Ярославль: 2000. 81 с.
4. Богословский Б.Б. Озероведение. М.: МГУ, 1960. 335 с.
5. Кучай Л.А. Анализ многолетних и сезонных изменений термической структуры и толщины поверхностного квазигомогенного слоя воды Рыбинского водохранилища. Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. / Кучай Л.А., Литвинов А.С., Соколова Е.Н. // Тр. Международной научн.-практ. конференции. т. I, Пермь: 2009. С. 67-71.
6. Лифшиц В.Х. Пространственно-временная изменчивость температуры воды в Рыбинском водохранилище по данным автономных и дистанционных измерений / Лифшиц В.Х., Бархотова И.В., Литвинов А.С. // Биология внутренних вод. АН СССР. Информ. бюлл. 1984. № 63. С. 64-68.



A.S. Litvinov, L.A. Kuchay, E.N. Sokolova

## WIND WAVES AND THERMAL STRUCTURE IN THE MAIN REACH OF RYBINSK RESERVOIR

Wind waves analysis has been carried out in the central part of Rybinsk reservoir, vertical turbulent change has also been estimated. Dynamics of surface quasi-homogeneous water layer has been investigated in the years of different

water content and wind activity. Dynamics of mixed layer was proved to be governed by wind force. With wind speed being over than 10 m/s, mixed layer depth is equal to whole water body depth (that is from the water surface up to the reservoir

bottom). Considerable contribution in temporal temperature variability in thermocline may be produced by internal waves.

**Key words:** wind waves, mixed layer depth, thermal structure



**МЕЖДУНАРОДНЫЕ  
ФОРУМЫ, КОНГРЕССЫ  
и КОНФЕРЕНЦИИ  
International symposia**

## CEN-2011

Международная конференция  
«Химическая технология-2011»  
**28-30 октября 2011 г.,**  
**Китай, Шанхай**

### ОРГАНИЗАТОРЫ:

- ◆ Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

### ОФИЦИАЛЬНЫЙ САЙТ:

<http://www.engii.org/cet2011/>

### ОСНОВНЫЕ ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

- ◆ биохимическая инженерия
- ◆ бимолекулярная инженерия
- ◆ керамика
- ◆ моделирование химических процессов
- ◆ химические реакторы
- ◆ вычислительная гидроаэродинамика
- ◆ процессы коррозии и кристаллизации
- ◆ дистилляция
- ◆ инженерная сейсмология
- ◆ электрохимия
- ◆ техническая экология
- ◆ динамика жидкостей и газов
- ◆ топливные элементы
- ◆ процессы теплопроводности и массопереноса
- ◆ промышленный газ
- ◆ материаловедение
- ◆ мембранные процессы
- ◆ металлургия
- ◆ микрожидкости
- ◆ минералообрабатывающая промышленность
- ◆ нанотехнологии
- ◆ переработка природного газа
- ◆ установка для регенерации ядерного топлива
- ◆ техника безопасности
- ◆ процессы сепарации и разделения
- ◆ очистка сточных вод, водоочистка

### КОНТАКТЫ:

Тел.: +1 732 981 0060  
Факс: +1 732 562 6380  
E-mail: [contactcenter@ieee.org](mailto:contactcenter@ieee.org)

## WFC-11

11-й Международный конгресс  
по технологиям фильтрации  
**16 -20 апреля 2012 г.,**  
**Австрия, Грац**

### ОРГАНИЗАТОРЫ:

- ◆ The Austrian Chemical Society GÖCH

### ОФИЦИАЛЬНЫЙ САЙТ:

<http://www.wfc11.org>

### ОСНОВНЫЕ ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

#### «Сепарация жидкой и твердой фаз»:

- ◆ гравитационная и центробежная очистка
- ◆ отжим и центробежное фильтрование
- ◆ сменные фильтры
- ◆ гидроциклоны
- ◆ флотация и абсорбция
- ◆ сепарация наночастиц
- ◆ электромагнитная сепарация
- ◆ коагуляция и флокуляция
- ◆ мембраны

#### «Тестирование, контроль, приборы»:

- ◆ приборы проверки частиц, пор
- ◆ приборы и методы тестирования и сепарации
- ◆ оборудование контроля

#### «Сепарация газовой и твердой фаз»:

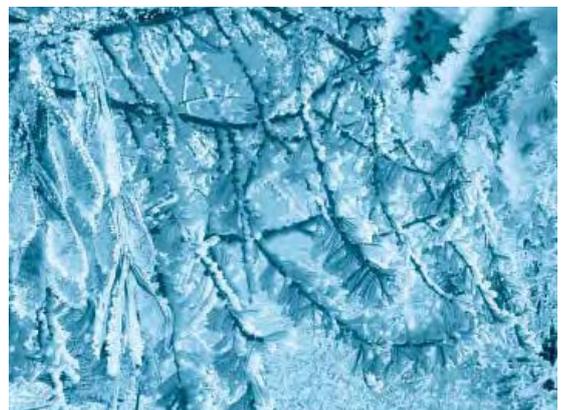
- ◆ поверхностные фильтры
- ◆ fibrous and зернистые объемные фильтры
- ◆ рукавные фильтры
- ◆ электростатические фильтры, циклоны, скрубберы
- ◆ сепарация при высоких температурах

#### «Мембранные процессы»:

- ◆ микро-, ультра- и нано- фильтрация
- ◆ обратный осмос и диализ
- ◆ первапорация
- ◆ газопроницаемость
- ◆ комбинированные процессы

### КОНТАКТЫ:

Тел.: +49 (0)2132 93 57 60  
Факс: +49 (0)2132 93 57 62  
E-mail: [info@wfc11.at](mailto:info@wfc11.at)



VI Международная конференция

## «РЕКИ СИБИРИ»

22–24 марта 2011 г.,  
Томск, Россия

### ОРГАНИЗАТОРЫ:

- ◆ Красноярская региональная общественная экологическая организация «ПЛОТИНА»,
- ◆ Межрегиональный общественный экологический фонд «ИСАР-Сибирь»,
- ◆ Всемирный фонд дикой природы (WWF) России,
- ◆ Тихоокеанский центр защиты окружающей среды (Pacific Environment),
- ◆ Международная коалиция «Реки без границ»,
- ◆ Межрегиональная коалиция «Сеть сибирских рек»,
- ◆ Томская региональная благотворительная организация «Сибирское Экологическое Агентство»

### ОФИЦИАЛЬНЫЙ САЙТ:

[www.green.tomsk.ru](http://www.green.tomsk.ru)

### ОСНОВНЫЕ ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

- ◆ реки и плотины
- ◆ проблемы изменения климата и реки
- ◆ активизация общественности в защите рек
- ◆ загрязнение рек
- ◆ природоохранное законодательство и реки
- ◆ переброска рек

- ◆ азиатский контекст в политике водопользования
- ◆ состояние берегов
- ◆ участие общественности в решении социально-экологических проблем рек Сибири и Д.Востока
- ◆ проблемы нормативно-правового регулирования использования водных ресурсов
- ◆ крупные плотины и реки
- ◆ проблемы загрязнения рек и пути их решения
- ◆ азиатский контекст в политике водопользования
- ◆ проблемы изменения климата и реки
- ◆ лес и реки
- ◆ роль рек в культурной жизни народа

### КОНТАКТЫ:

Тел.: +7 923 2823 741

E-mail: [aleksej-ka@narod.ru](mailto:aleksej-ka@narod.ru)

## «ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ: антропогенное вмешательство в круговорот воды в биосфере»

Международная научно-практическая конференция

16-17 июня 2011 г.,

Санкт-Петербург, Россия

### ОРГАНИЗАТОРЫ:

- ◆ Министерство образования и науки Российской Федерации,
- ◆ Русское географическое общество,



- ◆ Правительство Ленинградской области,
- ◆ Комитет общего и профессионального образования Ленинградской области,
- ◆ Общественный совет при Департаменте Росприроднадзора по Северо-Западному федеральному округу,
- ◆ Ленинградский государственный университет им. А.С.Пушкина

#### ОСНОВНЫЕ ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

- ◆ биоразнообразие и природопользование
- ◆ экологическая и радиационная безопасность водной среды
- ◆ вопросы общепромышленных и экологических исследований
- ◆ влияние антропогенной деятельности на гидролого-геоморфологическую составляющую природной среды
- ◆ взаимосвязь климатов Земли и вод суши
- ◆ экологические аспекты природопользования
- ◆ образование в области экологии и природопользования

#### КОНТАКТЫ:

Тел.: +7 812 4764 156  
 Факс: +7 812 4519 178  
 E-mail: geokafedra-lgu@mail.ru  
 biolgu@mail.ru

## «ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ»

5-я Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием

**2 – 14 апреля 2011 г.,  
 Саратов, Россия**

#### ОРГАНИЗАТОРЫ:

- ◆ Саратовский государственный технический университет,
- ◆ Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области,
- ◆ Управление росприроднадзора по Саратовской области,
- ◆ Государственным научно-исследовательским институтом промышленной экологии



#### ОФИЦИАЛЬНЫЙ САЙТ:

<http://ecoconf.org>

#### ОСНОВНЫЕ ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

- ◆ методология подготовки специалистов-экологов в высших учебных заведениях
- ◆ методология экологического мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды
- ◆ экологические, экономические и социальные проблемы загрязнения окружающей среды
- ◆ оценки риска в экологической сфере деятельности
- ◆ экономические механизмы в экологическом управлении
- ◆ экологический контроль производственной среды
- ◆ методы экологической реабилитации различных сред
- ◆ разработка экологически безопасных технологий и техники

#### КОНТАКТЫ:

Тел.: +7 8452 998 530  
 E-mail: ecology.saratov@gmail.com