Исследования структурной организации суперчистой воды и её динамика

Д.м.н., проф. А.М. Степанов

(Москва, ФГБУ НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина)

В нашей стране ситуация с водообеспеченностью в первом приближении достаточно благополучная. В России сосредоточено около четверти мировых запасов пресных поверхностных и подземных вод. Однако особенностью использования водных запасов на территории страны является их нерациональная эксплуатация, что привело к тотальному загрязнению водных объектов, в том числе являющихся источниками питьевого водоснабжения. Статистика по качеству питьевой воды почти повсюду в стране неудовлетворительная. Низкое качество питьевой воды обусловлено высоким уровнем загрязнения водных объектов, используемых для питьевого водоснабжения, недостаточной водоподготовкой, а также вторичным загрязнением воды в процессе транспортировки до конечного потребителя. Водоочистные сооружения призваны обеспечить стандарты потребления воды по химическому составу, органолептическим критериям, бактериальным и механическим примесям. Однако, «информационное» загрязнение, связанное со структурными перестройками ассоциатов в процессе технологического использования воды, не учитывается, так как до сих пор эта проблема не рассматривалась в достаточном объеме. Поискам подходов к решению этого вопроса и посвящена данная статья. Для решения вышеуказанных задач необходимо выбрать наиболее простую модель для изучения наличия в воде собственных структурных компонентов и их динамики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ: Прибор ВЭЖХ «Ultimate 3000 Analitical (serverLAB-PC)» фирмы Dionex с диодо-матричным детектором и рефрактометрической приставкой. ВЭЖХ проводилось в тестовом режиме на длинах светового потока 195 нм. Использовалась также рефрактометрическая приставка для получения рефрактометрической картины образцов. Программа обработки данных Хромелион. Скорость потока жидкости 1,0 мл/мин. Термостатируемая (18 ºС) стандартная стальная колонка Atlantis размером 150х4,6 мм с обращённой фазой dC18, 5µm. Элюент — бидистиллированная Super-Q вода. Объём тестируемой пробы 20 микролитров.

Математический анализ полученных результатов проводился с помощью программ фирм StatSoft (USA) Statistica 6.1. и Microsoft Excel.

Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) является одним из немногих прямых методов, которые в жидкой среде разделяют на разные по объёму и заряду фракции и позволяют вычислить их концентрации в растворе. Этот метод как нельзя лучше подходит к изучению структурного разнообразия в водной среде, если оно там существует. Однако широко используемые методы ВЭЖХ применяют элюенты с различными добавками, которые способствуют лучшему растворению и разделению фракций, такие, как например, ацетонитрил. Хорошо известно, что эффект лучшего разделения фракций исследуемого вещества с помощью ацетонитрила производится за счёт разрушения ассоциатов молекул воды на более мелкие и образования с ними своих кластеров, что препятствует изучению структурного разнообразия в водной среде.

Нами была разработана модифицированная методика ВЭЖХ, которая, не разрушая структуры водных ассоциатов, позволяет определять разнообразие возникающих водных кластеров.

Модификация, разработанная нами, заключается в отказе от применения элюента ацетонитрил–вода и применении только супер чистой воды марки super-Q. В этом случае подвижная фаза (элюент), состоящая из того же молекулярного состава, что и исследуемые образцы, не разрушает структурное состояние водной среды и в процессе хроматографирования происходит разделение и выход неизменённых водных фракций.

Было проведено исследование рабочих характеристик модифицированной методики, которое показало хорошее совпадение результатов с теорией хроматографии (см. таб. №1).

Таблица № 1

Виды зависимостей от изменения параметров хроматографирования	RT Время задержки выхода	H высота пика
Линейная зависимость от скорости потока элюента	+	–
Линейная зависимость от объёма инжекции пробы	–	+
Зависимость от длины волны тестируемого сигнала	–	+

Примечание: + положительная зависимость с коэффициентом корреляции r= ~1.
– отсутствие зависимости от изменения параметра.

Исследования выявило максимальное поглощение в ультрафиолетовой области (см. рис.1).

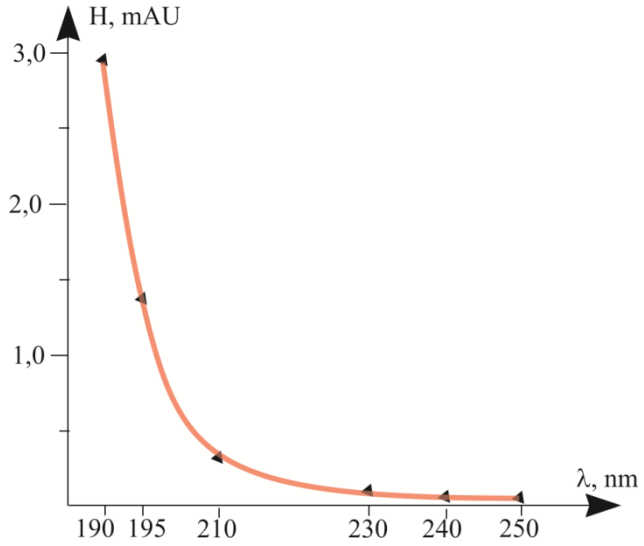


Рис. 1. Зависимость мощности получаемого сигнала от длины тестирующей волны в области ультрафиолетового диапазона.

Разнообразие структурных компонентов водной среды

В длительных скрининговых исследованиях водной среды показано существование множества ассоциатов и артефактов с различной степенью проявления на хроматограммах.

Среди ассоциатов, являющихся структурными образованиями водной среды, наблюдаются **стабильные формы**, проявляющиеся на каждой спектрографической хроматограмме (100%), имеющих время задержки выхода на восьмой минуте. На рефрактометрических хроматограммах стабильными ассоциатами являются два пика с временем выхода на 8 и десятой минутах.

Лабильные образования на хроматограммах подразделяются на структурные (от 1 до 50% случаев) и артефакты, появляющиеся в случайные моменты времени. При совпадении времени проявления артефакта со структурным ассоциатом, меняется форма последнего.

Виды артефактов.

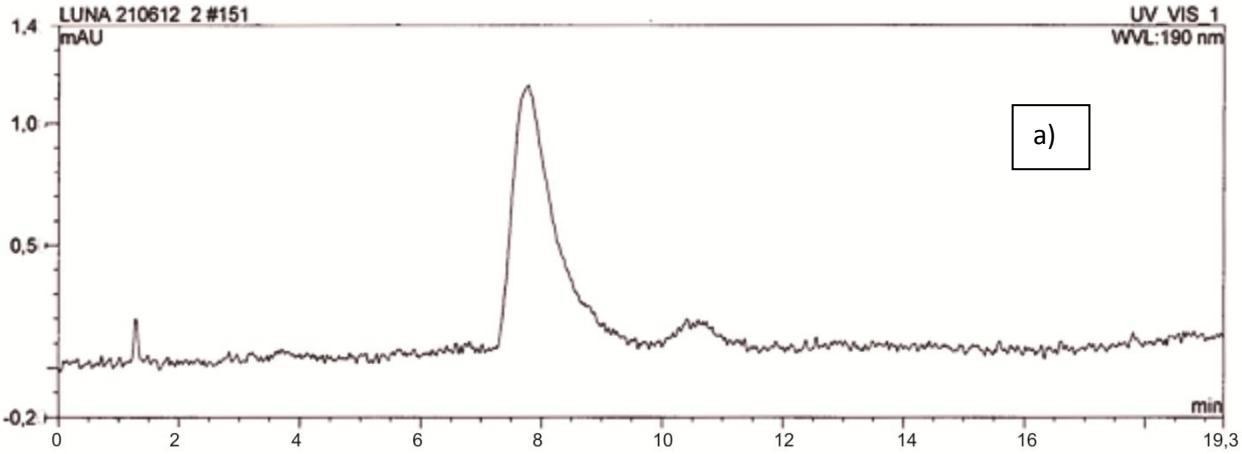


Рис. 2а. Классическая спектроскопическая хроматограмма супер чистой воды. Наблюдаются три структурные формы на 1,3 мин, на 7,7 минуте и на 10,5 минуте. Артефактов нет.

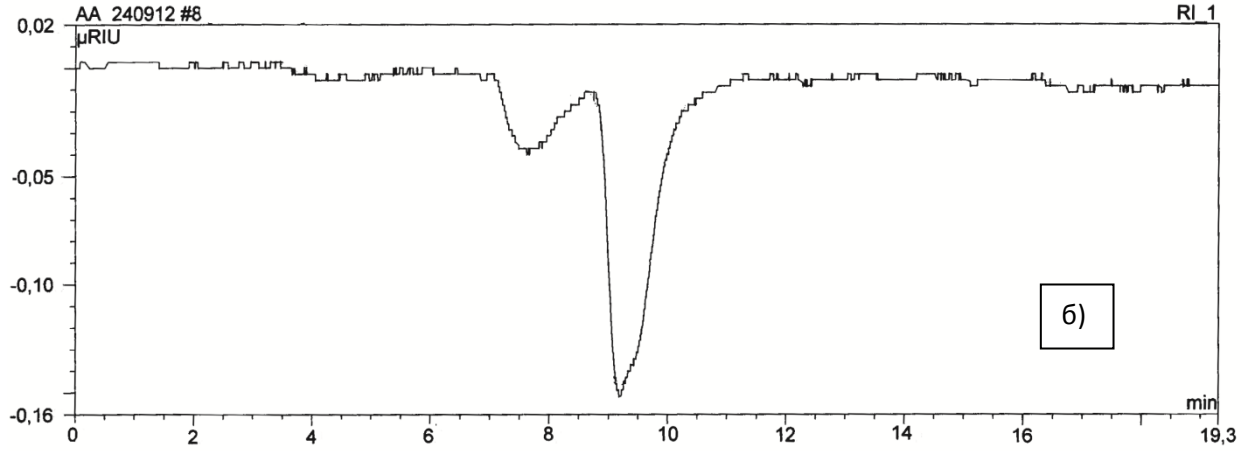
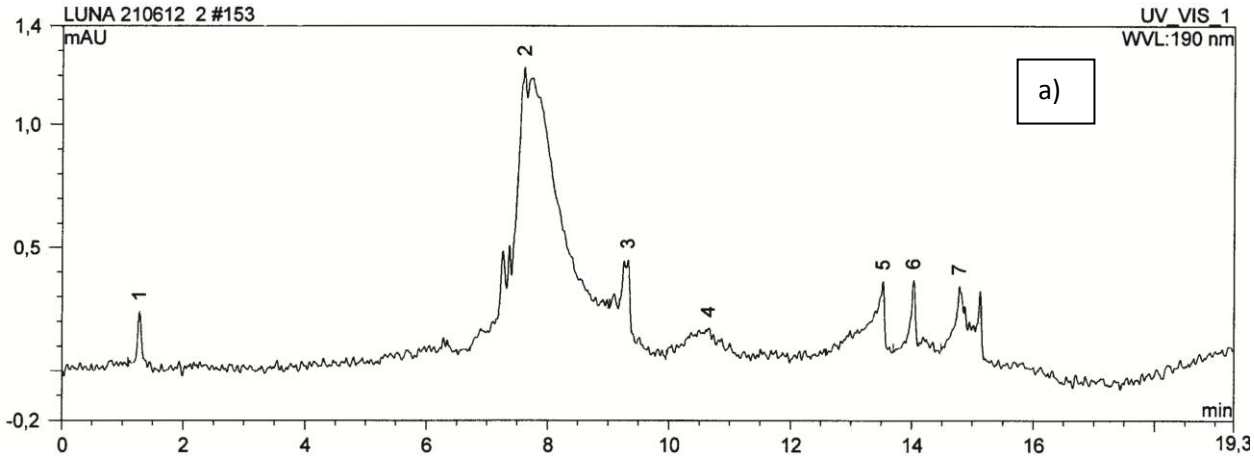
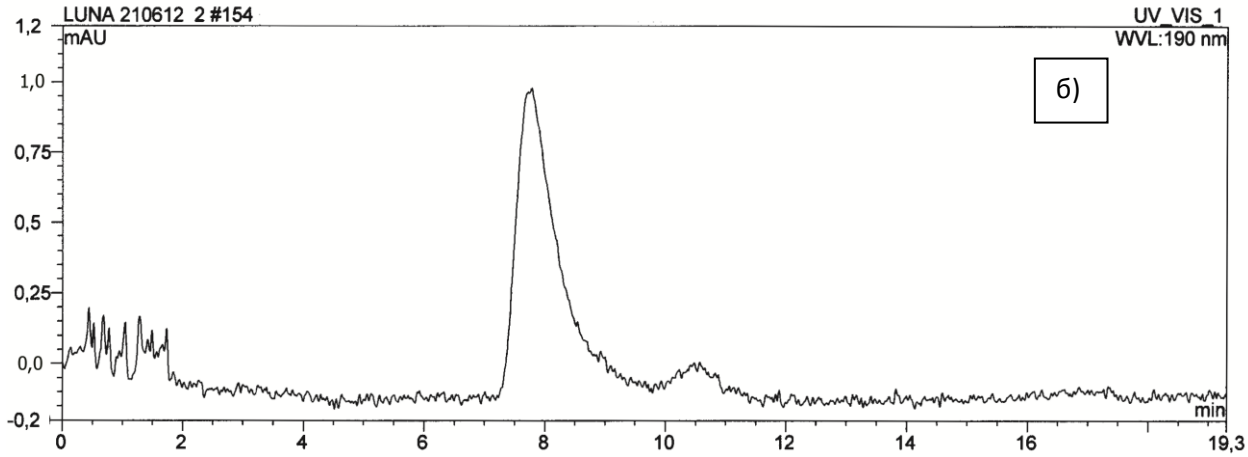
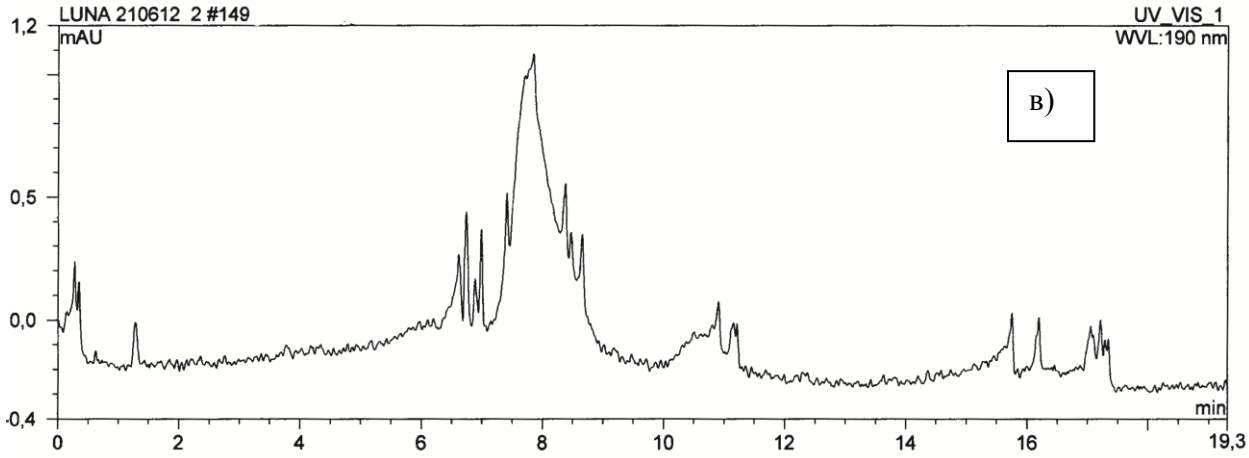


Рис. 2б. Классическая рефрактометрическая хроматограмма суперчистой воды. Наблюдаются две структурные формы на 7,5 минуте и на 9,3 минуте. Артефактов нет.


LUNA 210612 2 #153
UV_VIS_1
mAU
WVL:190 nm
а)
1
2
3
4
5
6
7
1,4
1,0
0,5
-0,2
0
2
4
6
8
10
12
14
16
19,3
min


LUNA 210612 2 #154
UV_VIS_1
mAU
WVL:190 nm
б)
1,2
1,0
0,75
0,5
0,25
0,0
-0,2
0
2
4
6
8
10
12
14
16
19,3
min


LUNA 210612 2 #149
UV_VIS_1
mAU
WVL:190 nm
в)
1,2
0,5
0,0
-0,4
0
2
4
6
8
10
12
14
16
19,3
min

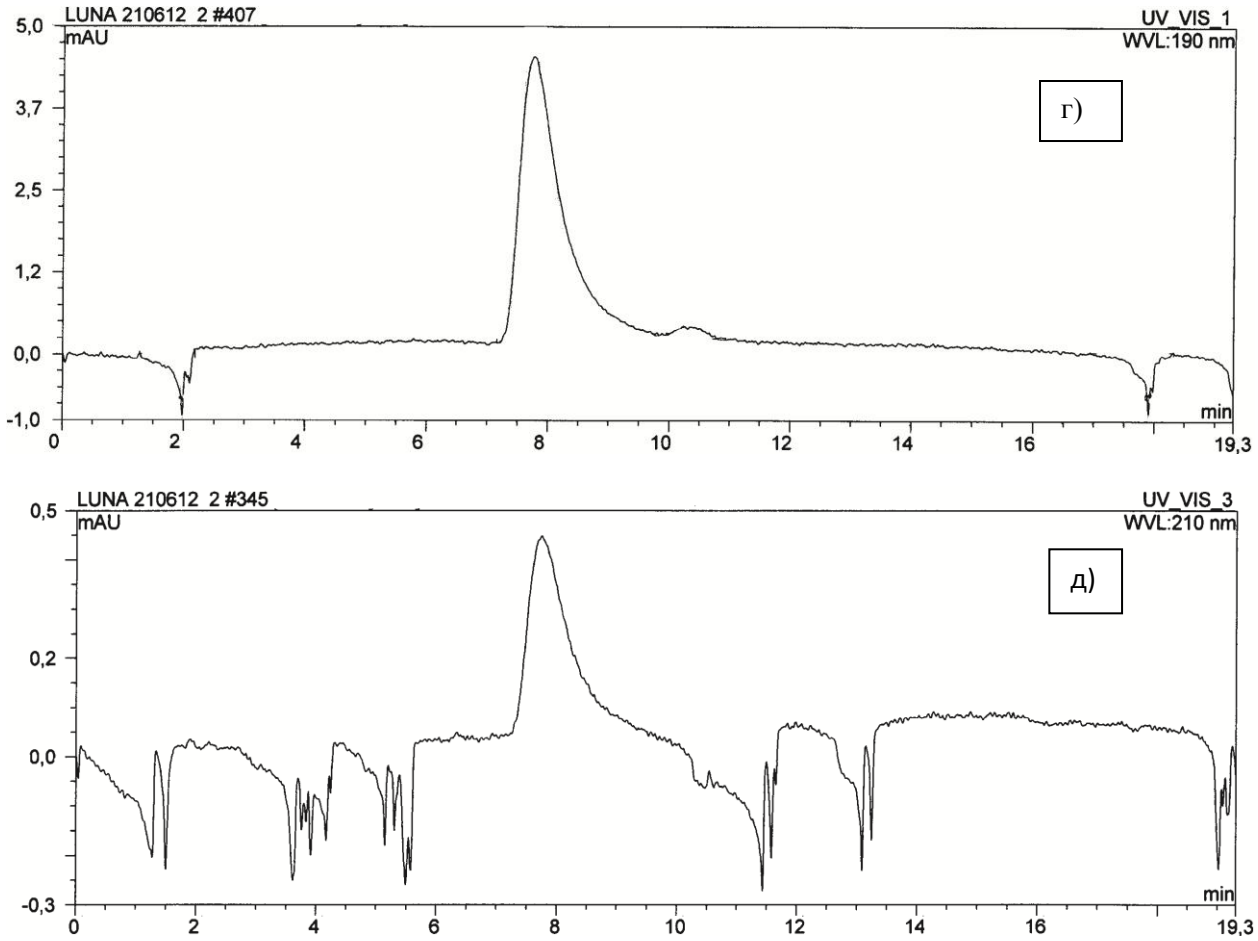
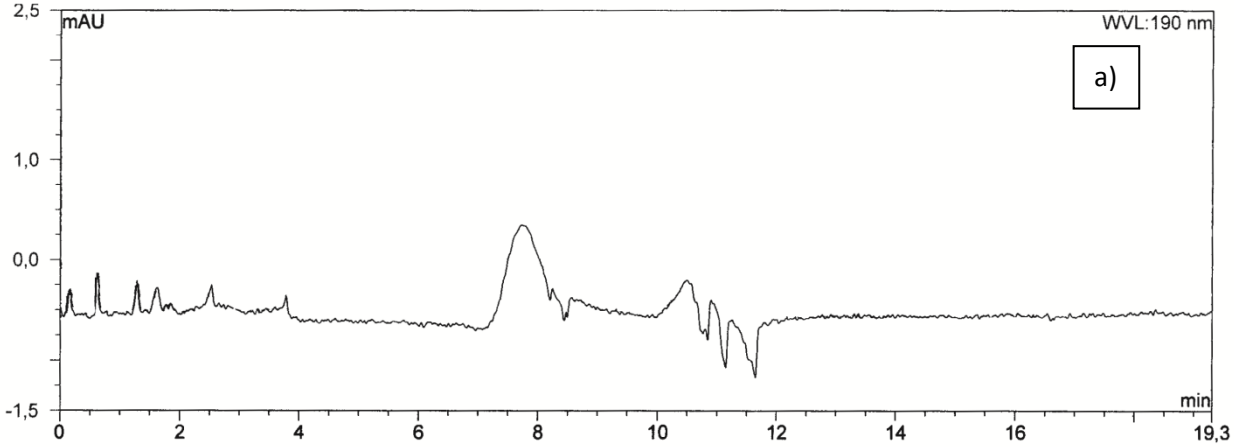


Рис. 3. **Первый тип артефактов**: а), б), в) амплитуды направлены вверх, т.е. происходит поглощение тестового потока света по отношению к базовой (нулевой) линии; г), д) – амплитуды направлены вниз от базовой линии.

Первый тип артефактов характеризуется постепенным нарастанием амплитуды до максимума и резким падением переднего фронта. Часто наблюдаются разрывы переднего фронта с образованием острых пиков.



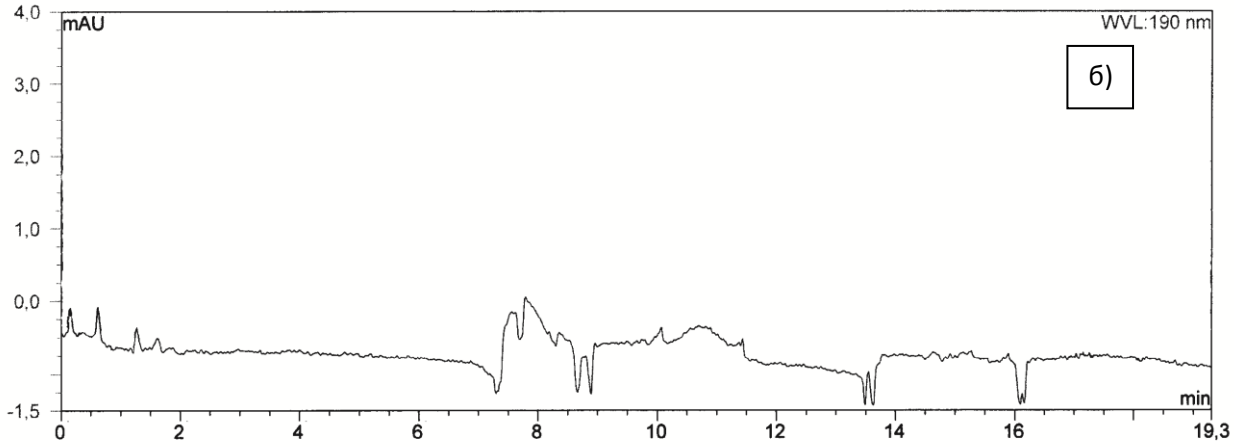


Рис. 4. Примеры деформации структурных пиков при наложении артефактов на них. а) деформация лабильно-устойчивого пика со временем задержки выхода на 11 минуте; б) деформация стабильного пика со временем задержки выхода на 8-й минуте.

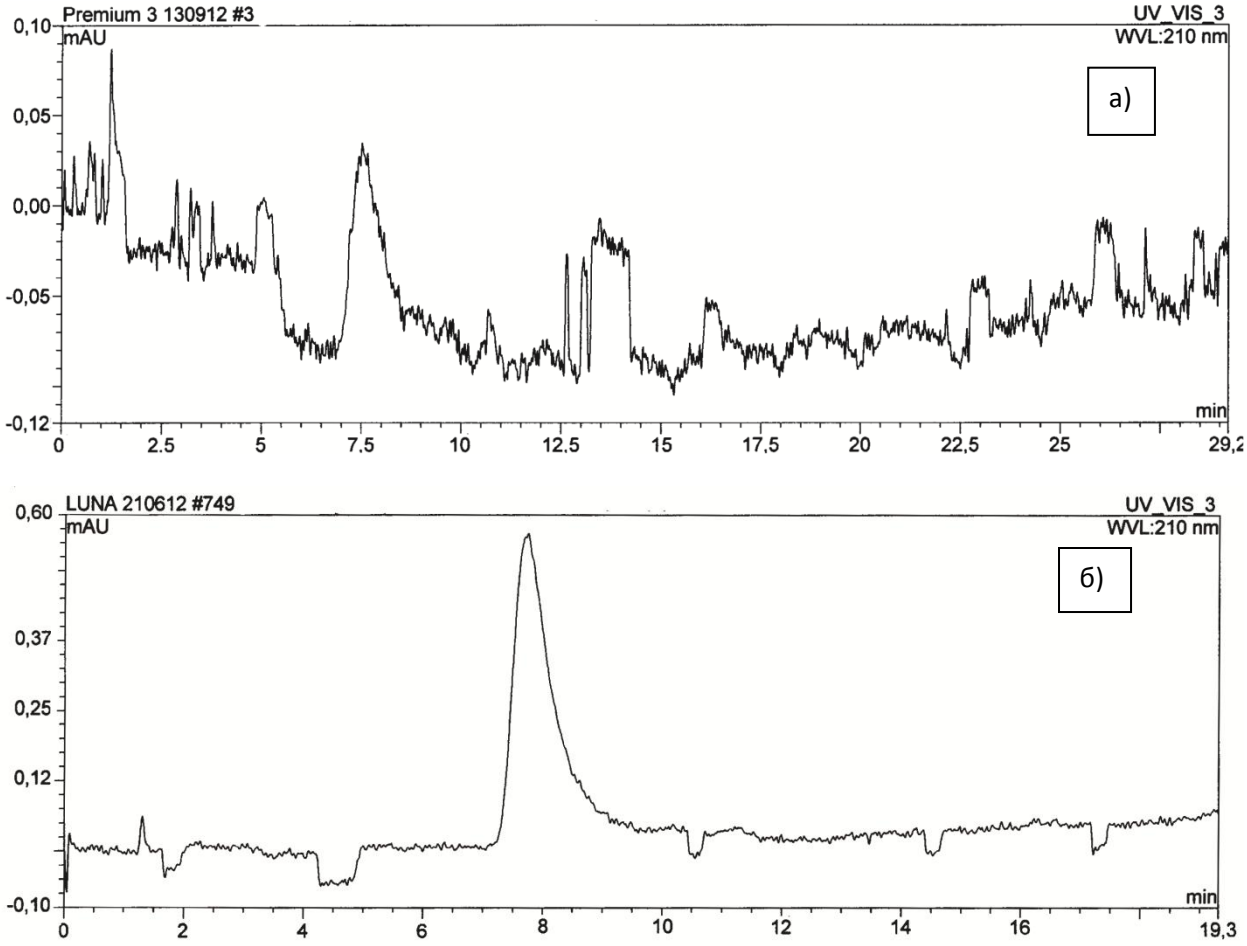


Рис. 5. Пример хроматограмм с проявлениями артефактов **второго типа**. Наблюдаются два структурных пика направленных вершинами вверх и артефакты столбообразной формы: а) проявление артефактов столбообразного типа с амплитудой, направленной вверх; б) проявление артефактов столбообразного типа с амплитудой, направленной вниз.

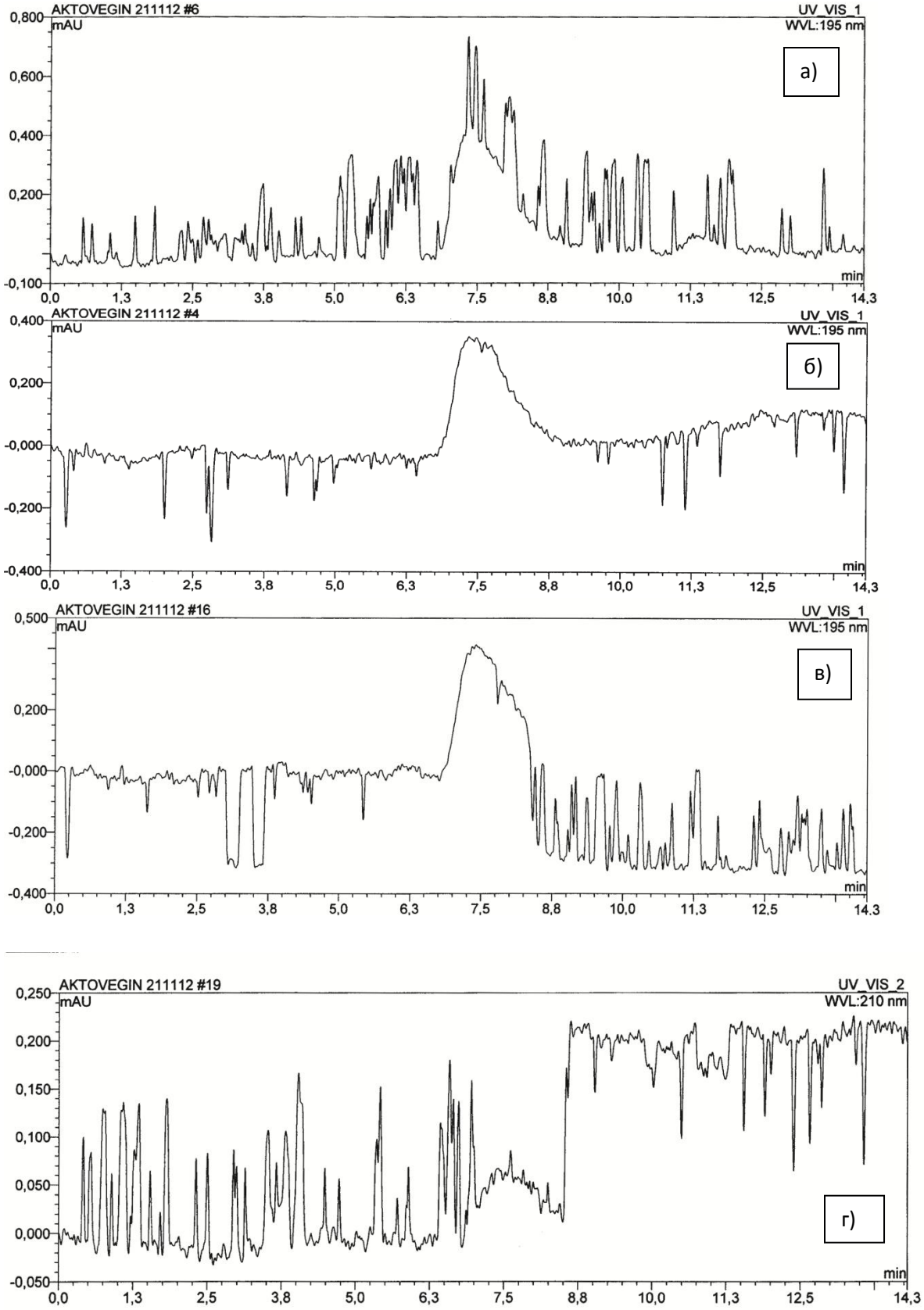


Рис. 6. Пример хроматограмм с проявлениями артефактов **третьего типа** – «гребенка». Наблюдаются часто возникающие пики, направленные вверх – а), гребенка, направленная вершинами пиков вниз – б), в начале графика вниз, в конце вверх – в) и, наоборот, – г).

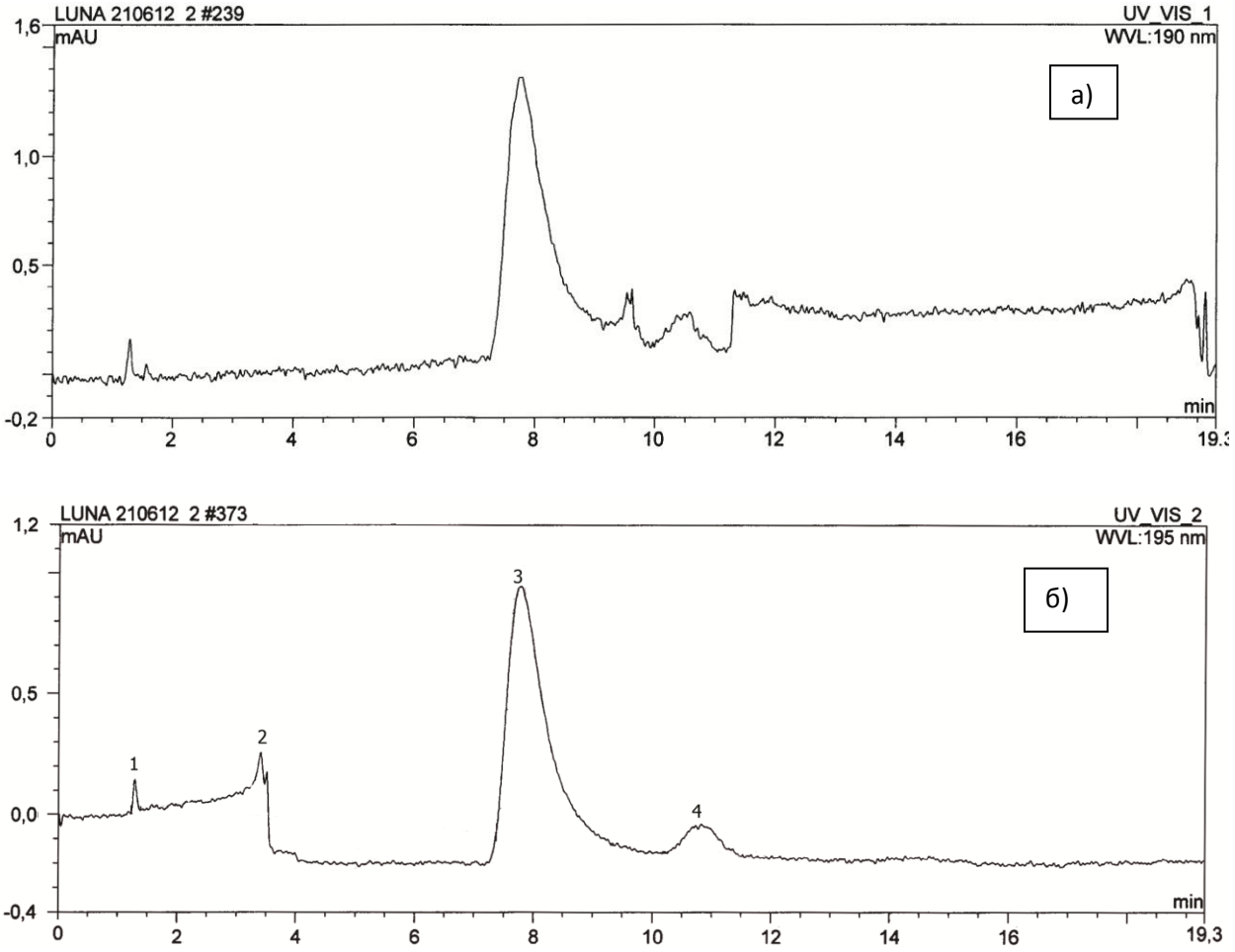
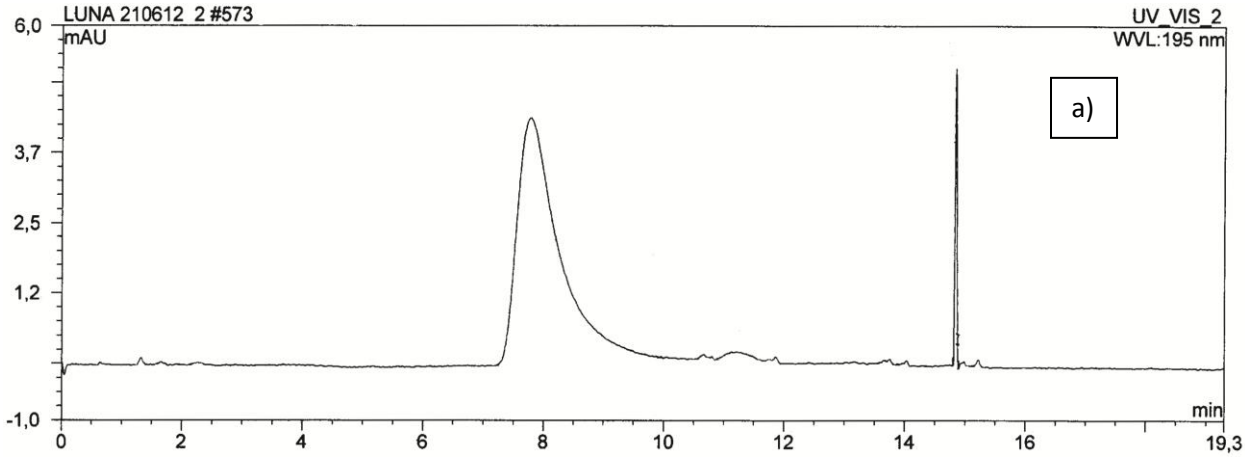


Рис. 7. Пример хроматограмм с проявлениями артефактов **четвертого типа**, обладающих столообразной формой: а) проявление артефактов столообразного типа с амплитудой, направленной вверх — длительное столообразное поднятие базовой линии хроматограммы с 11,5 минуты по 19 минуту; б) проявление артефактов столбообразного типа с амплитудой, направленной вниз — длительное столообразное опускание базовой линии хроматограммы с 3,5 минут до 7,25 минут.

Примечание: пик №2 относится к появлению артефакта первого типа.



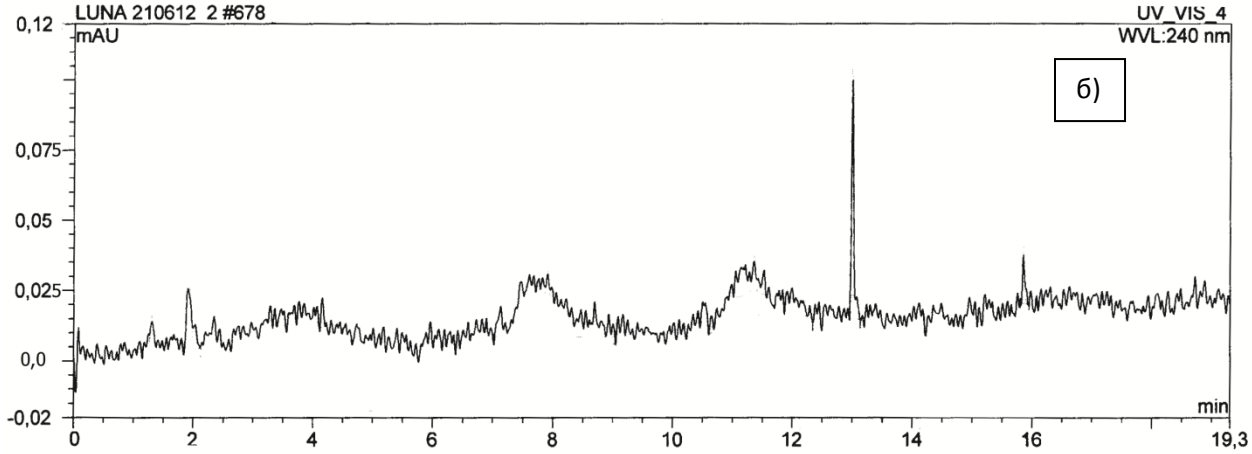
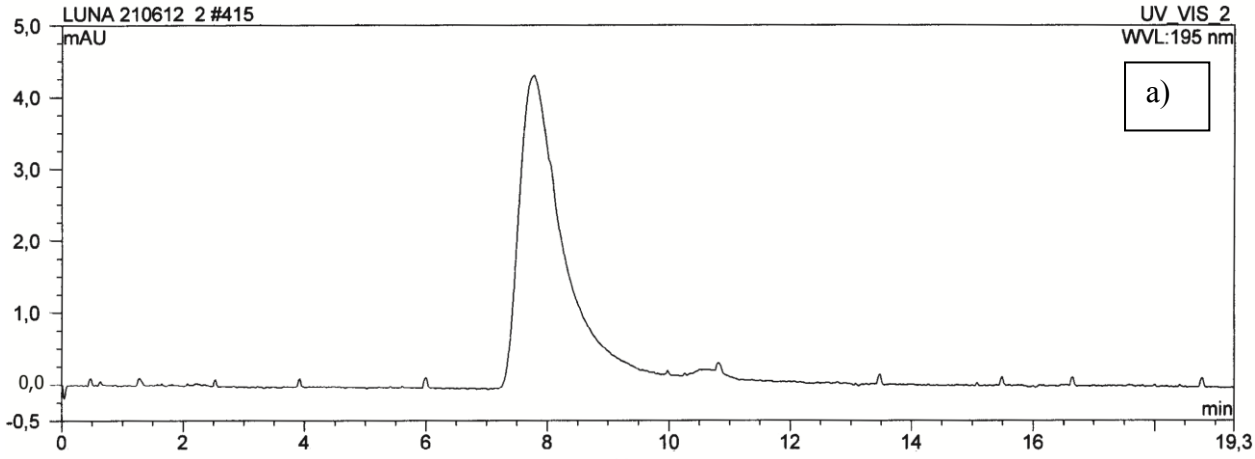


Рис. 8. Пример хроматограмм с проявлениями артефактов **пятого типа**, обладающих иглообразной формой: а) появление артефакта типа игла на 13 минуте; б) появление двух артефактов с разными амплитудами на 12 и 16 минутах.



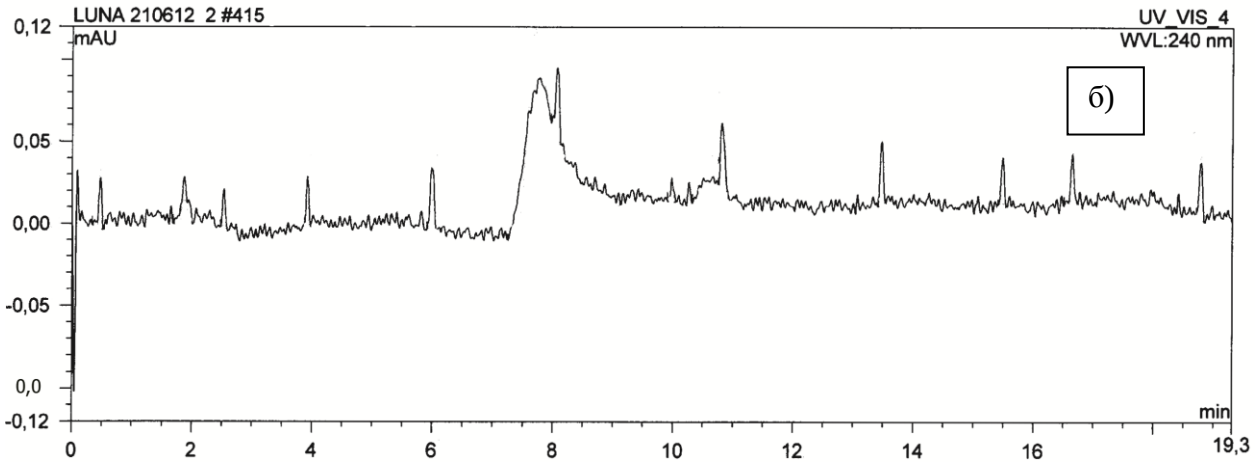


Рис. 9. Пример проявления артефактов **шестого типа**, обладающих почти регулярной временной структурой пиков проявления на хроматограммах. Это артефакты типа реперных сигналов. В отличие от артефактов других типов реперы (пики) накладываются поверх структурных образований воды.

Результаты классификации артефактов спектографических хроматограмм в единой таблице № 2:

Таблица 2.

Классификация артефактов на хроматограммах

класс артефакта	Описание артефакта	индекс	Направление амплитуды	Способность к Деформации Структурных элементов
1	Комплекс пиков с возрастающей ампли-тудой, разрывами переднего фронта	Sol	+ / -	да
2	Столбообразной формы; высота амплитуды превышает ширину по времени	St	+ / -	да
3	Комплекс часто возникающих узких пиков	comb	+ / -	да
4	Столообразная форма, длительность смещения значимо превышает амплитуду	Tb	+ / -	нет
5	Иглообразные артефакты	Ac	+ / ?	?
6	Множество почти регулярно возникающих пиков небольшой амплитуды	Rep	+	нет

Примечание: «+» – направление амплитуды артефакта вверх; «-» – направление амплитуды артефакта вниз.

Следует отметить, что появление артефактов имеет сезонную тенденцию. Так практически все 6 классов артефактов появлялись в летне-осенний период. Особенно интенсивным оказался август месяц.

Динамика высоты амплитуд стабильных пиков на хроматограммах.

Если в последовательном ряду хроматограмм выделить стабильный пик и, фиксируя его высоту, наносить её соответственно координате времени (последовательности наблюдений) точки, мы получим наглядный график изменения высоты пика, (а, следовательно, и концентрацию) во времени, что позволит нам судить о кинетике процессов образования кластеров водных структур.

Проведенное нами исследование динамики амплитуд структурных пиков показало сложное поведение этих процессов во времени. Так, например, скрининг–исследования, проведённые в период января-февраля 2012 года, выявили реакцию стабильного ассоциата на момент появления крещенского фактора (рис.10 и 11).

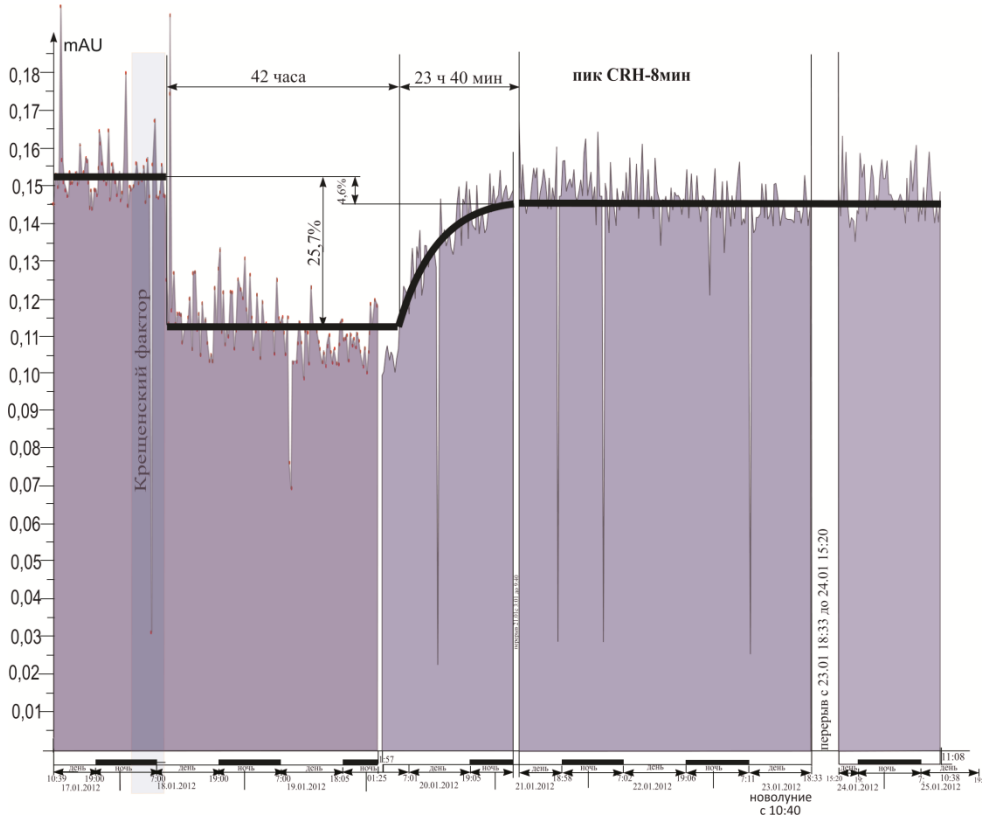


Рис. 10. Динамика спектрографического пика с временем задержки выхода 8 минут на протяжении недели с 17.01.2012 года с 10 часов 39 минут до 25.01.2012 года 11 часов 08 минут.

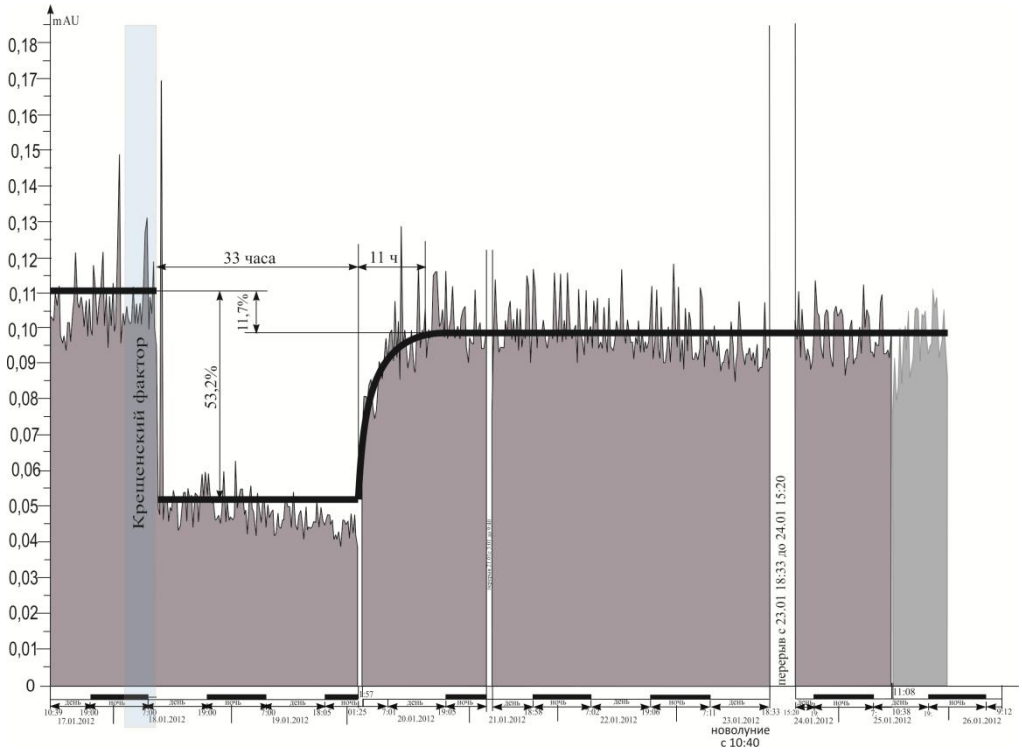


Рис. 11. Динамика рефрактометрического пика с временем задержки выхода 10 минут на протяжении недели с 17.01.2012 года с 10 часов 39 минут до 25.01.2012 года 11 часов 08 минут.

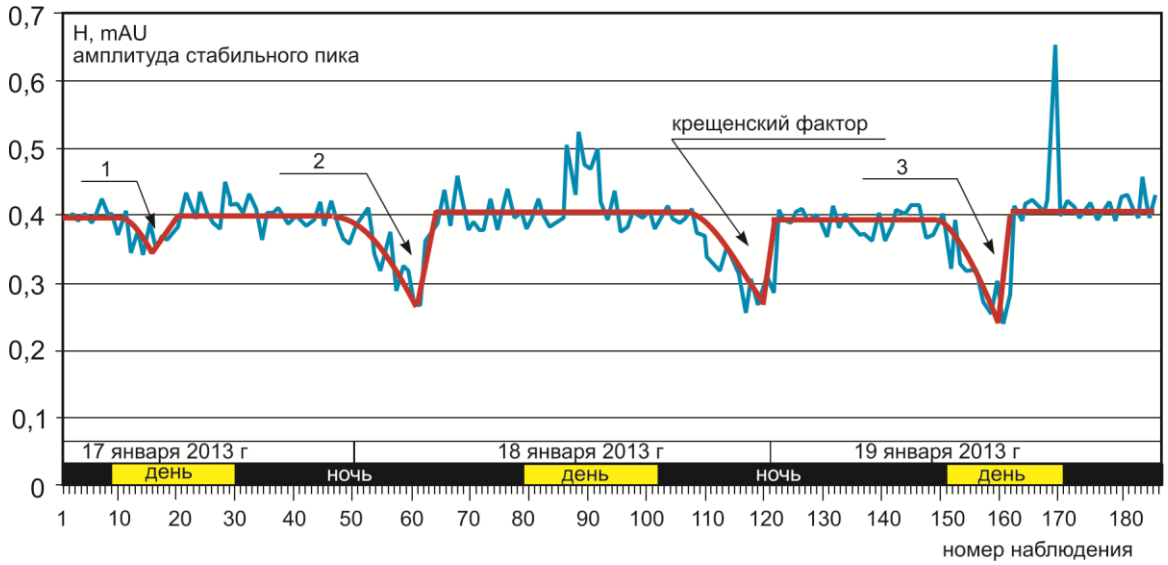


Рис. 12. Динамика спектрографического стабильного пика со временем задержки выхода RT= 7,3 мин с 17.01.2013 года 00 часов по 19.01.2013 г 24 часа.

На представленных графиках, отражающих один и тот же период с годовым перерывом, отмечаются следующие характерные особенности:

1. Действие на состояние воды «крещенского фактора» обнаруживается в каждом из двух исследованных периодах;
2. Характер воздействия на супер чистую воду в двух исследуемых периодах различается: в 2012 году депрессия амплитуд происходит скачком вниз, удерживается на уровне 50% примерно 1,5 суток и затем плавно возвращается к исходному уровню. В 2013 году депрессия плавно нарастает, доходит до минимума и затем скачком возвращается к исходному уровню.
3. В 2012 году отмечено отсутствие явных скачков амплитуд, но есть скачкообразный переход базового уровня вниз с последующим выходом через 1,5 – 1,6 суток до прежнего уровня. Рисунки 11, 12 демонстрируют депрессию высоты амплитуд стабильных пиков в период действия крещенского фактора примерно на 25 и 50% от исходного уровня.
4. В 2013 году «крещенский фактор» действовал неоднократно (4 раза). Причем первое незначительное воздействие на величину амплитуд (снижение от 0,4 mAU до 0,35 mAU – 12,5% –в течение ≈3 часов) было за 1,5 суток. Второе воздействие — (снижение от 0,4 mAU до 0,27 mAU – 32,5% – в течение ≈6 часов) произошло за сутки до начала действия самого «крещенского фактора», которое наступило в ночь с 18 на 19 января. Снижение амплитуд, почти как и в предыдущий раз, было на 32,5%, и процесс продолжался в течение ≈ 6 часов. Следующее снижение пришлось на середину светового дня 19 января в течение ≈ 6 часов на 40%.

В период летнего солнцестояния в июне-июле 2012 г. проведено исследование динамики амплитуд стабильного пика. Графики 13-13а, демонстрируют динамику стабильного пика водной среды. Наблюдаются синхронные подъёмы и спады амплитуд (автоколебания концентрации структурных элементов в водной среде). Выявлена высокая синхронность изменений амплитуд спектрографических и рефрактометрических хроматограмм, которая отражена в корреляционной матрице, таблице 3.

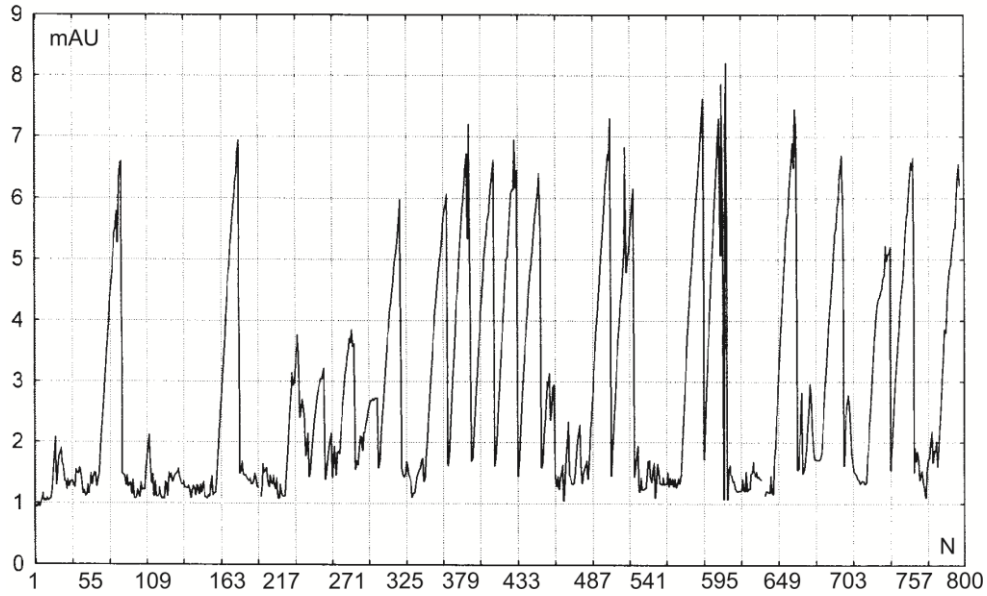
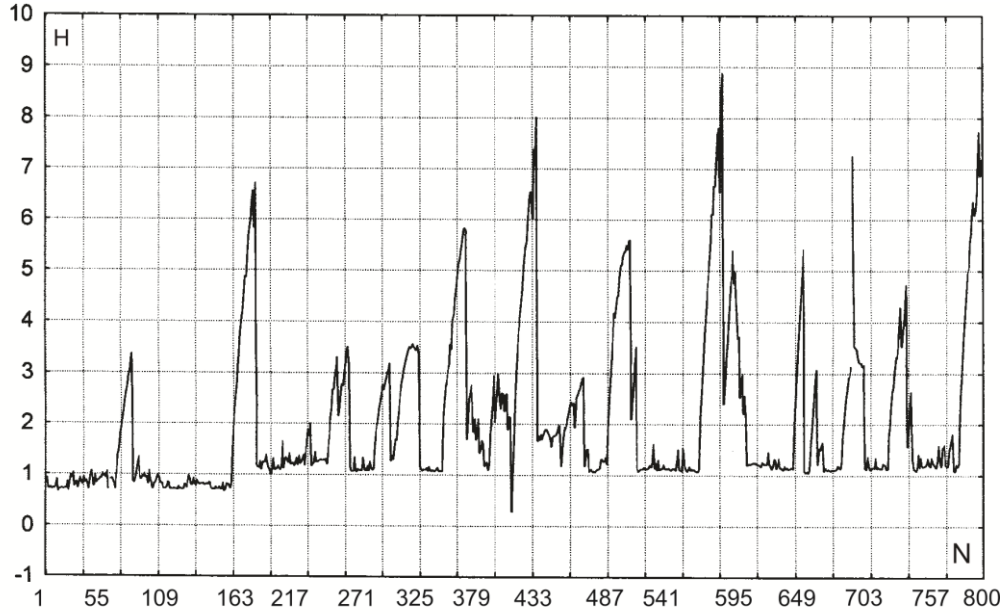


Рис. 13. Динамика амплитуды стабильного пика, измеренная на длине волны 190 нм с частотой в 20 минут в период с 21.06.2012 14:34 по 04.07.2012 01:16. Где N – номер наблюдения. t = N x 20 min — время, прошедшее от начала эксперимента.



Продолжение, рис. 13а. Динамика амплитуды стабильного пика, измеренная на длине волны 190 нм с частотой в 20 минут в период с 04.07.2012 16:05 по 15.07.2012. Где N – номер наблюдения. t = N x 20 min — время, прошедшее от начала эксперимента.

Таблица 3

Корреляционная матрица взаимосвязи динамических изменений амплитуд хроматографических пиков структур воды:

N 772	190нм	210нм	250нм	РФ1	РФ2
190нм	1,00	**0,89**	**0,89**	**0,88**	**0,94**
210нм	**0,89**	1,00	**0,88**	**0,88**	**0,94**
250нм	**0,89**	**0,88**	1,00	**0,87**	**0,93**
РФ1	**0,88**	**0,88**	**0,87**	1,00	**0,93**
РФ2	**0,94**	**0,94**	**0,93**	**0,93**	1,00

Примечание: цифры, отмеченные жирным шрифтом значимы на уровне $p < 0,05$;

N – Число наблюдений величин амплитуд стабильных пиков на 5 параллельно зафиксированных хроматограммах.

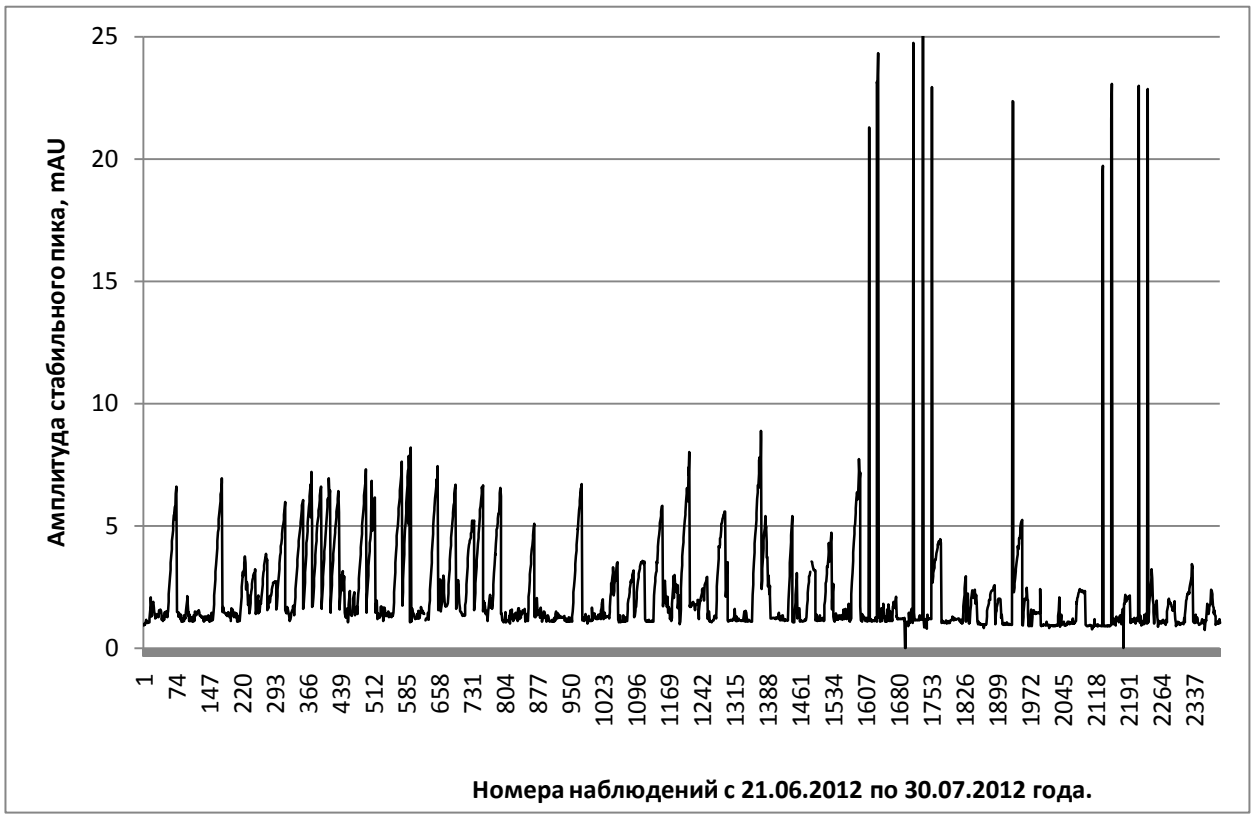


Рис. 14. Обобщенный график всех трех периодов наблюдений (2400 значений) на длине волны 190 нм с частотой в 20 минут в период с 21.06.2012 по 30.07.2012 года.

Явление синхронного изменения количества структурных стабильных образований можно назвать «дыханием воды», понимая под этим термином количественные циклические изменения во времени амплитуды стабильных структурных элементов воды.

На приведенных графиках 13-13а среди периодических повышений амплитуд стабильных пиков над базовым уровнем можно выделить 4 уровня расположения амплитуд стабильного пика водной структуры (таблица 4).

Таблица 4

Количественные характеристики уровня «дыхания воды»

	N хроматограмм	Средняя величина уровня, mAU	min, mAU	max mAU	Стандартное отклонение	Коэфф. Ковариации в %
Базовый уровень	330	0,183	0,014	0,345	0,035	19,1
Поверхностное дыхание	131	0,400	0,304	0,495	0,046	23,3
Глубокое дыхание	306	0,861	0,704	1,069	0,158	10,1
Аномальные пики	2	1,785	1,737	1,834		

Базовый уровень — уровень высот амплитуд, от которого вверх возникают циклические и ациклические периоды возрастания значений, называемые дыхательными циклами. Среднее значение показателей базового уровня 0,183± 0,035 mAU.

Поверхностное дыхание — спорадические амплитудные возрастания значений, имеющие чаще всего симметричную форму и лишь вдвое превышающие базовый уровень.

Глубокое дыхание — циклические значимые повышения амплитуд стабильных пиков хроматограмм, превышающие базовый уровень от 4 до 5 раз, имеющие строго определенную форму. Монотонное повышение амплитуд продолжается в течение 6 часов, которое резким скачком снижается за 20-40 минут.

В зимний период с конца декабря и до марта месяца динамика амплитуды стабильного пика значимо отличается. Эпизод структурного дыхания произошёл всего один раз 31.12.2012 г примерно в 9 ч 28 мин. В остальной период наблюдения дыхательных признаков не было выявлено.

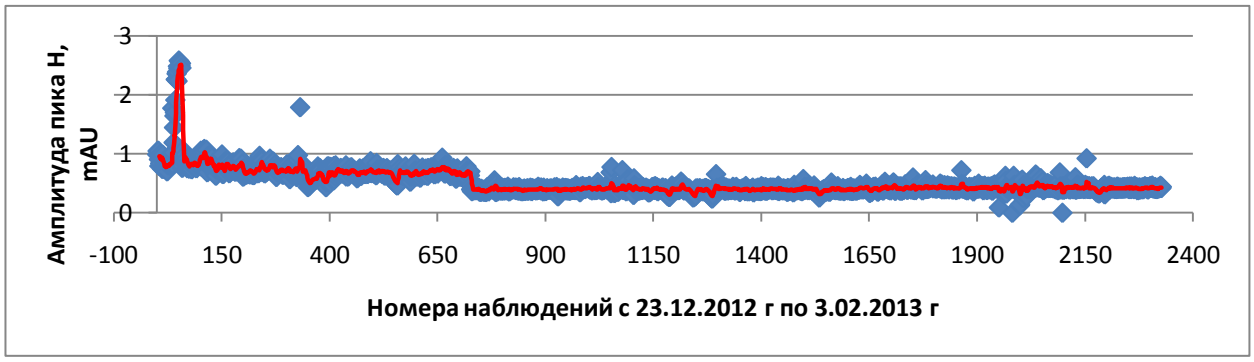


Рис. 15. Величина амплитуды стабильного пика RT = 7,4 мин, скользящее сглаживание по 5 точкам. Hср = 0,419; ΔH = 0,156; коэф. ковариации = 37,23%.

Важным вопросом является стабильность задержки времени выхода, которая в нашем случае может зависеть от величины адгезии кластера воды, проходящего через хроматографическую колонку. Это может возникать из-за изменения зарядовой компоненты на поверхности граней водного кластера, например, при действии магнитного поля Земли или искусственных воздействий электромагнитным полем технических устройств. Средний процент

ковариационного индекса стабильного спекрографического ассоциата воды находится на уровне 0,57%, что говорит о большой устойчивости этого показателя в проводимых экспериментах.

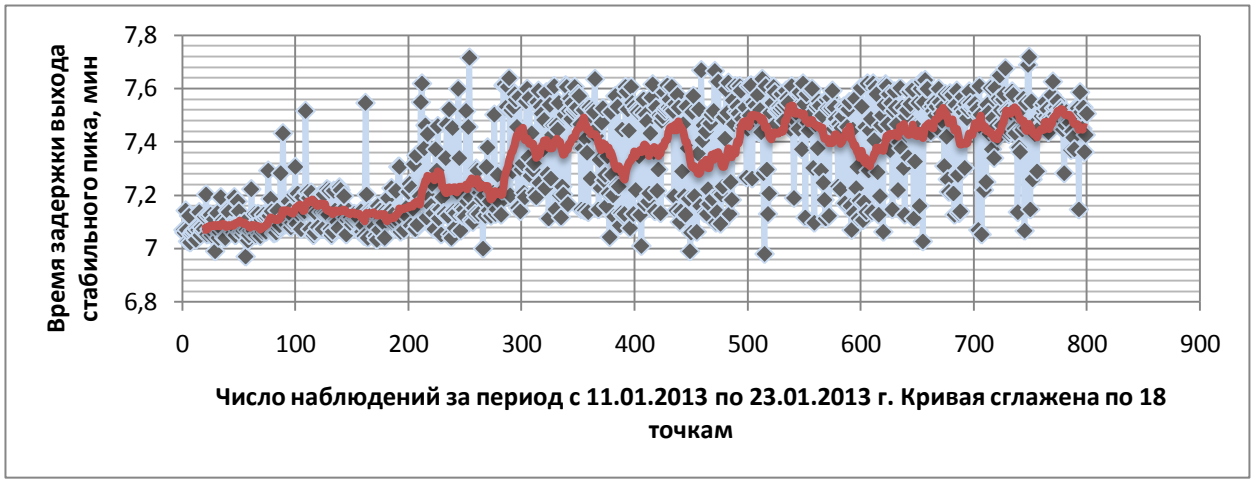


Рис. 16. Выделенный второй период тренда времени задержки выхода стабильного пика в зимнем эксперименте. Размах тренда от 7,1 мин 11.01. до 7,5 мин к 20-м числам января.

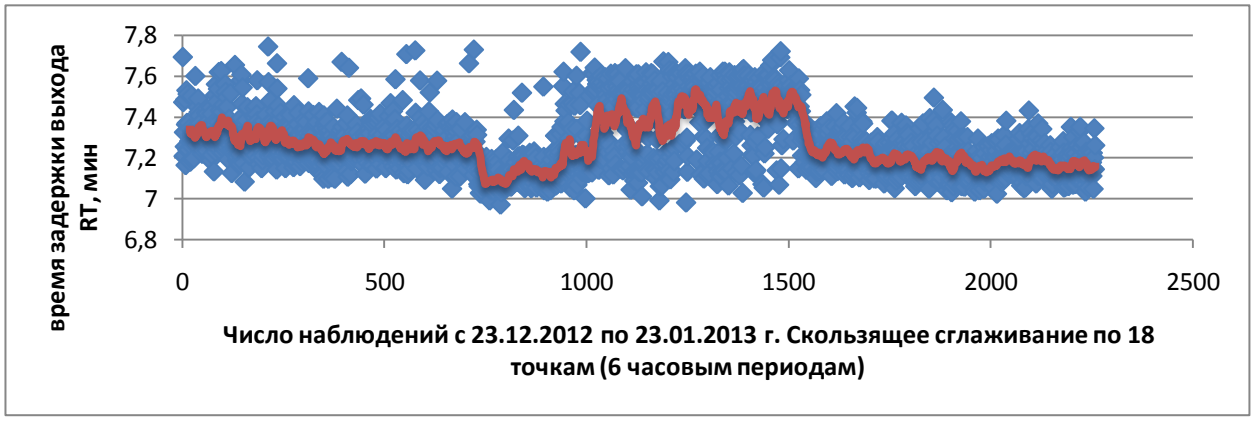


Рис. 17. Тренды времени задержки выхода стабильного пика в зимнем эксперименте. Выделяется 3 периода: с 23.12.2012 по 3.01.2013 г. – медленный тренд на убыстрение времени выхода с 7,3 мин до 7,2 - 7,1 мин; с 03.01.2013 г по 13.01.2013 г – замедление времени выхода от 7,1 мин до 7,5 мин: с 13.01.2013 по 23.01.2013 г – медленный тренд на незначительно убыстрение RT.

Ниже приводится график годового динамики величины времени задержки выхода стабильного пика. Данные аккумулированы в течение 2012 года по 82 экспериментам, в каждом из которых в среднем проведено 38 хроматографических процесса, итого не менее 3 000 хроматограмм.

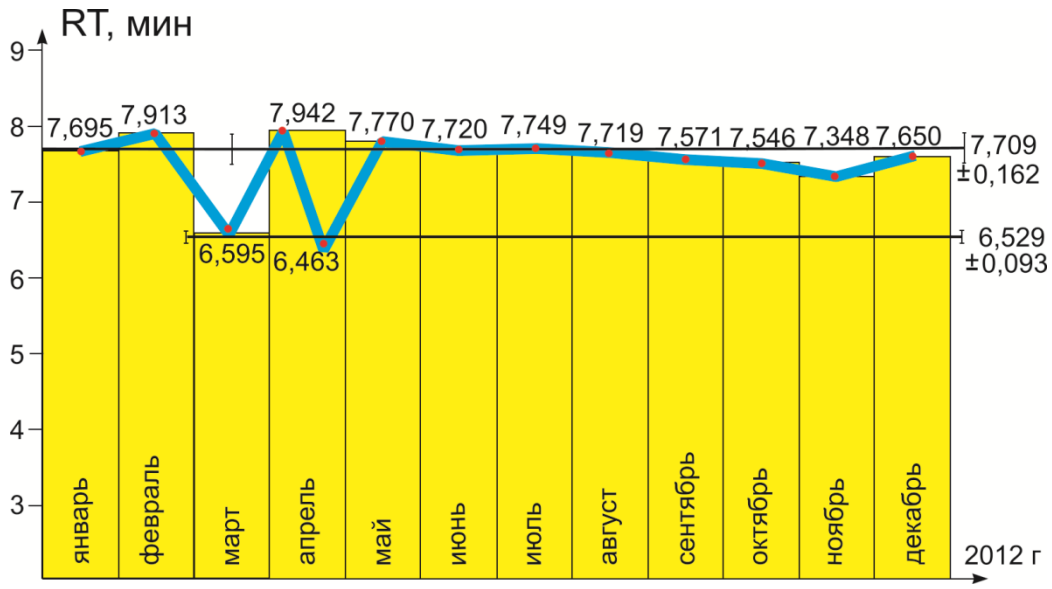


Рис. 18. Диаграмма и график помесячно средне взвешенных величин RT за 2012 год.

На графике наблюдается нарушение стабильности величин RT в марте и апреле месяце. Весь остальной период года задержка времени выхода достаточно устойчиво держится на уровне 7,7 ± 0,16 мин минуты. В весенние месяцы происходят броски показателя вниз до уровня 6,3 ±0,1 мин.

Лабильно-устойчивые структуры супер чистой воды

В ходе исследований обнаружено наличие в водной среде лабильно-устойчивых структурных форм ассоциатов. Время задержки выхода (RT) лабильно-устойчивых ассоциатов оказалось равным ≈0,6; ≈1,1; ≈1,3 и ≈11 мин. Приведем примеры динамики некоторых лабильно-устойчивых ассоциатов во времени и по амплитуде и покажем корреляционные связи между динамическими процессами на разных длинах тестирующих сигналов и в разные промежутки времени.

Таблица № 5

Описательная статистика результатов наблюдения RT = 1,3 мин лабильно-устойчивых пиков, за период с 04.07.2012 по 15.07.2012 года.

λ	N	RT средние	min	max	Ст.откл.	Коэф. ковариации, в %
190	775	1,288	1,183	1,433	0,021	1,63
195	787	1,290	1,233	1,997	0,032	2,48
210	787	1,289	1,237	1,337	0,020	1,55

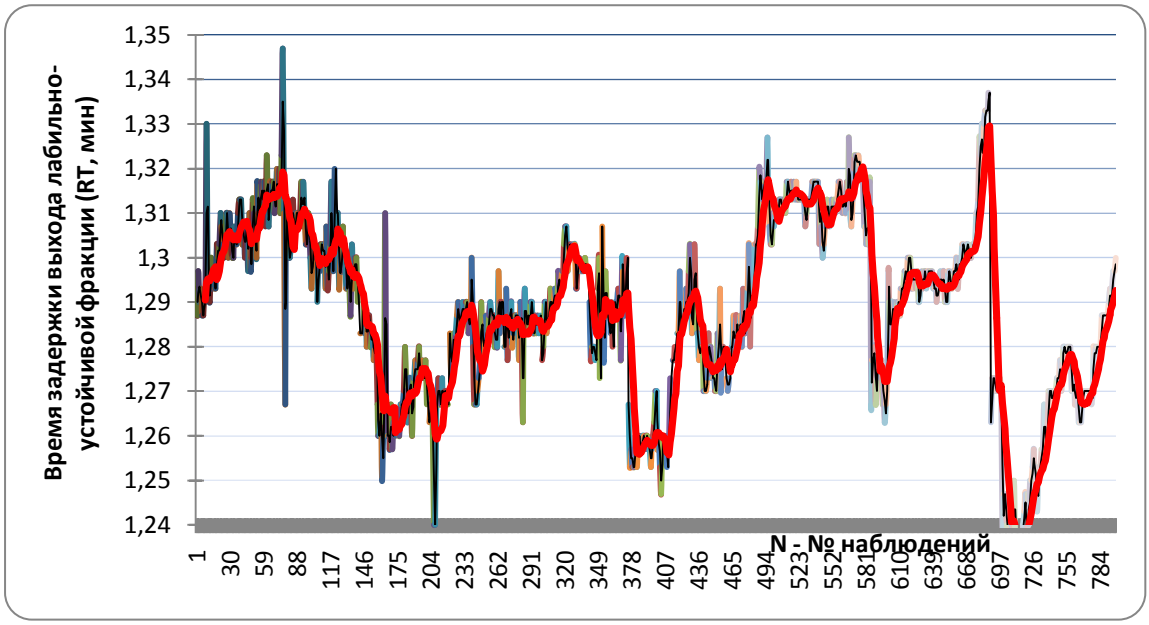


Рис. 19. Динамика времени задержки выхода RT = 1,3 мин лабильно-устойчивой структуры фракции супер чистой воды при λ= 210 нм за период с 04.07.2012 по 15.07.2012 года.

Таблица № 6

Описательная статистика результатов наблюдения RT = 11 мин лабильно-устойчивых пиков, за период с 04.07.2012 по 15.07.2012 года.

λ	N	RT средние	min	max	Ст.откл.	Коэф. ковариации, в %
190	793	10,716	9,627	12,003	0,399	3,72
195	798	10,720	9,577	12,003	0,401	3,74
210	375	10,753	10,460	10,990	0,147	1,37

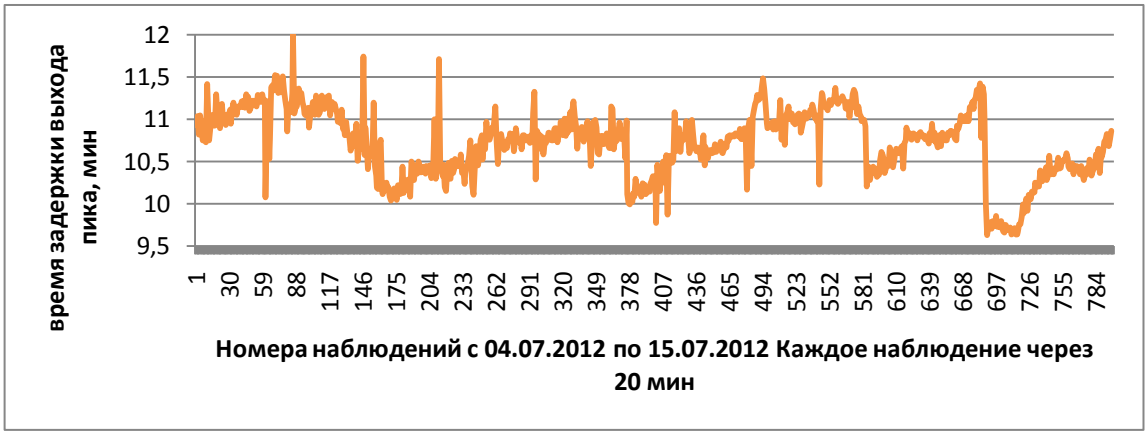


Рис. 20. Динамика времени задержки выхода RT = 11 мин лабильно-устойчивой структуры фракции супер чистой воды при λ= 190 нм за период с 04.07.2012 по 15.07.2012 года.

Таблица № 7

Корреляционная матрица RT разных структур между собой в один и тот же период наблюдения с 04.07.2012 по 15.07.12 г

	190 T 1,3	190 RT11	195 T1,3	195 T11	210 T1,3	210 T11
190 T 1,3	1,00	**0,47**	**0,88**	**0,64**	**0,72**	**0,37**
190 RT11	**0,47**	1,00	**0,46**	**0,73**	**0,55**	**0,54**
195 T1,3	**0,88**	**0,46**	1,00	**0,62**	**0,70**	**0,37**
195 T11	**0,64**	**0,73**	**0,62**	1,00	**0,69**	**0,61**
210 T1,3	**0,72**	**0,55**	**0,70**	**0,69**	1,00	**0,41**
210 T11	**0,37**	**0,54**	**0,37**	**0,61**	**0,41**	1,00

Средний коэф. корреляции между структурами с RT = 1,3 мин равен 0,767 ($p<0,05$). Средний коэф. корреляции между структурами с RT = 11 мин равен 0,627 ($p<0,05$).
Средний коэф. корреляции между структурами с RT= 1,3 и 11 мин равен 0,53 ($p<0,05$).

Таким образом, можно сделать вывод, что динамика RT разных лабильно-устойчивых структур в один период наблюдения имеет достаточно высокую достоверную корреляцию. В то время как корреляции между ними, но взятые из разных периодов наблюдения, отсутствуют. Коэф. корр. примерно равен нулю (см. таб.8, 9).

Таблица № 8

Матрица корреляций динамики времени задержки выхода пика (RT) 1,3 мин в трех разных периодах наблюдений при λ=210 нм.

	№ 1 210 T 1,3	№ 2 210 T 1,3	№ 3 210 T 1,3
№ 1 210 T 1,3	1,00	**-0,169**	0,02
№ 2 210 T 1,3	**-0,169**	1,00	0,01
№ 3 210 T 1,3	0,02	0,01	1,00

Где: №1, №2, №3 – номера периодов наблюдений. Средний коэф. корр. матрицы равен -0,046 ($p > 0,05$).

Таблица № 9

Матрица корреляций динамики времени задержки выхода пика (RT) 11 мин в трех разных периодах наблюдений при λ=210 нм.

	№ 1 210 T 11	№ 2 210 T 11	№ 3 210 T 11
№ 1 210 T 11	1,00	0,34	0,53
№ 2 210 T 11	0,34	1,00	0,44
№ 3 210 T 11	0,53	0,44	1,00

Где: №1, №2, №3 – номера периодов наблюдений. Средний коэф. корр. матрицы равен 0,44 ($p > 0,05$).

Если сравнить динамику времен задержки выхода стабильного и лабильно-устойчивого пика, то мы четко заметим разницу: стабильный ассоциат имеет значительно меньшие отклонения от среднего значения, в то время как лабильно-устойчивый ассоциат, как было показано выше, обладает вариациями, свидетельствующими об изменении коэффициента адгезии в колонке хроматографа (см. рис. 21). Коэффициент ковариации у RT стабильного ассоциата примерно колеблется около 0,5%, а у лабильно-устойчивого ассоциата — около 2%.

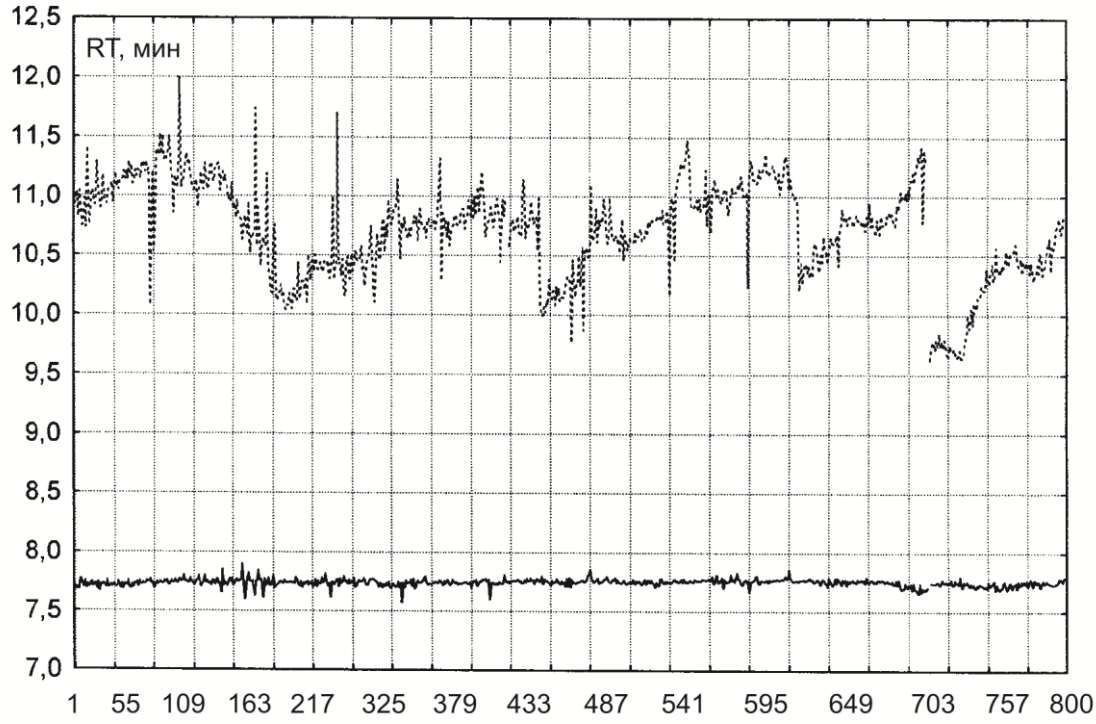


Рис. 21. Динамика стабильной структуры со временем задержки выхода 7,7 мин сравнительно с лабильно-устойчивой структурой, имеющей задержку выхода ≈11 мин.

Рис. 22 Динамика H амплитуды лабильно-устойчивого пика RT=11 мин, λ=190 нм, $H_{ср}$=0,208; ср. откл. ΔH=±0,078; коэф. ковариации = 37,48%.

При сравнении динамики H за тот же период с динамикой стабильного пика RT= 7,7 мин мы не наблюдаем подъемов высоты амплитуд, связанных со структурным дыханием. Как показывает эксперимент (см. рис. 23, 24) в зимний период со второй половины января до начала марта колебания RT лабильно устойчивого пика не превышают 2,5%, а его амплитуда колеблется в пределах 20%, что гораздо ниже чем в летний период времени.

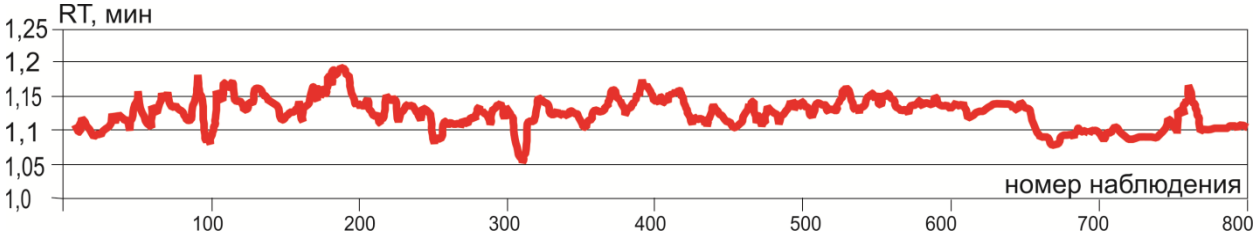


Рис. 23. Период наблюдения тренда времени задержки выхода пика RT= 1,1 мин, с 23.01.2013 г 0:45:20 по 03.02.2013 г 11:05:16. ΔRT = ± 0,028. Коэф. вариации 2,52%. Скользящее сглаживание по 8 точкам.

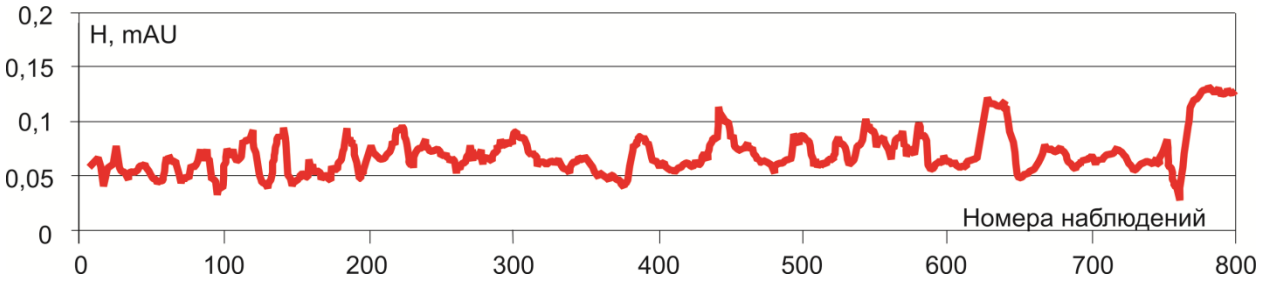


Рис. 24. Период наблюдения амплитуд пиков с RT= 1,1 мин с 23.01.2013 г 0:45:20 по 03.02.2013 г 11:05:16; λ=195 нм. $H_{ср}$ = 0,114 mAU; ΔH = ±0,021. Коэф. ковариации = 18,42%. Скользящее сглаживание по 8 точкам.

Выводы:

1. Экспериментально обнаружено явление существования в водной среде неизвестных ранее структурных форм образований ассоциатов молекул воды, обладающих свойствами структурно-зарядовых преобразований в ответ на воздействия окружающей среды.
2. Структурные формы классифицируются как: стабильные, лабильно-устойчивые и лабильные.
3. Случайные, нерегистрируемые нами факторы внешней среды оказывают возмущающее воздействие на суперчистую воду в процессе проведения её спектрографического хроматографирования, что вызывает появление артефактов, изменений хроматограмм, которые ошибочно можно принять за лабильные структурные образования.
4. На рефрактометрических хроматограммах артефактов не наблюдается.
5. Обнаружено шесть типов артефактов, возникающих при спектрографическом хроматографировании. Необходимо дальнейшее исследование причин возникновения артефактов, механизмов проявления и исследование статистических характеристик по каждому типу.
6. Впервые обнаружены циклические изменения амплитуд стабильных пиков ассоциатов водной среды, которые получили название структурное «дыхание воды».
7. Выделяется базовый уровень амплитуды, от которого, в терминах дыхания воды, наблюдается увеличение содержания стабильных структур — «глубокое дыхание» и «поверхностное дыхание».
8. Показано, что стабильные и лабильно-устойчивые структурные ассоциаты значимо отличаются друг от друга по своим кинетическим характеристикам.
9. Полученные результаты важны при использовании метода ВЭЖХ и могут учитываться в исследованиях трансляции информации через воду с целью повышения надежности результатов исследования.