

Copyright © 2018 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic
International Journal of Environmental Problems
Has been issued since 2015.
E-ISSN: 2413-7561
2018, 4(1): 45-55

DOI: 10.13187/ijep.2018.1.45
www.ejournal33.com



Toward the Biophysical, Biochemical, Biocenotic and Biogeographic Systematics of Model Experimental Aquarium Plants Based on Complex Descriptors of Plant Cell/Tissue Response to Hydrochemical Factors in the Framework of Physical Chemistry

Brief communication.

Oleg V. Gradov ^{a, *}

^aInstitute of Energy Problems of Chemical Physics RAS, Russian Federation

Abstract

We propose a novel technique for complex multidescrptor measurements and control for the experimental biotopic aquarium based on hybridized measurements of biophysical, biochemical and biocenotic-biogeographic descriptors in the framework of hydrochemistry and physical chemistry using specialized device for correlational measurements of such parameters.

Keywords: hydrochemistry, bioindication, biotopic aquarium, hydrophytes, algae, pH, pK.

1. Введение

Практически каждый биоэколог в общих чертах представляет себе зависимость роста и состояния аквариумных растений от условий среды: освещения, температуры, жесткости и pH воды, содержания кислорода и углекислого газа. Каждому, особенно начинающему, хотелось бы иметь такое устройство, которое, если не само собой «меняло показатели в нужную сторону», то хотя бы указывало на сдвиги в гидрохимии и биологическом состоянии аквариума. Это особенно важно для тех, кто выращивает виды, чувствительные, например, к диапазону температур или pH. Так, например, согласно базе данных HYDRO_GEN_ICPRAS, общеизвестно, что *Hedyotis salzmanni* способен расти в воде с pH до 8, *Eleocharis viviparag* чувствителен к значениям pH 7-7.5, *Hemianthus micranthemoides* не способен существовать при pH < 6, а некоторые представители *Rotala* поддерживают физиологически-нормальное функционирование и при pH, много меньшем 5.5 (Градov, 2014, 2015). Иными словами, диапазоны резистентности растений к pH существенно различаются, в ряде случаев являясь видоспецифичным признаком. Аналогично обстоит дело с концентрацией CO₂ и отдельных ионов. Например для вида *Bolbitis heudelotii* достаточна концентрация 3-5 мг/л, *Eleocharis parvula* требует поддержания CO₂ на уровне от 10 до 15 мг/л, *Rotala macrandra* оптимально развивается при 15-25 мг/л, а *Peplis diandra* или *Didiplis diandra* необходимо завышенное значение в 20-30 мг/л. Во множестве случаев результаты вегетации и формообразования (морфогенеза) растения определяется, в существенной части, содержанием CO₂ и отдельных ионов. Так, например, у *Heteranthera zosterifolia*, способной развиваться и при 3-5 мг/л CO₂, при удобрении и доведении уровня

* Corresponding author

E-mail addresses: gradov@chph.ras.ru (O.V. Gradov)

CO₂ до 20-30 мг/л, наблюдается увеличение линейных размеров до двух раз, а для *Rotala wallichii* характерна зависимость окраски (пигментации) от концентрации CO₂ и ионов железа. У того же вида наблюдается при этом зависимость колористической гаммы от концентрации фосфатов и нитратов, а у ряда других видов, таких как *Limnophila aromatica* и *Echinodorus tenellus*, она качественно зависит от pH. Помимо *Rotala wallichii*, из относительно распространенных в частной практике и количественном тестировании аквариумных растений, очень чувствительными к железу является *Utricularia graminifolia*, *Eleocharis vivipara* (этиолируется и желтеет без него), *Heteranthera zosterifolia* (чернеет) и ряд других. Все эти данные общедоступны, расположены в открытом доступе на ряде зарубежных и отечественных ресурсов. Одним из наиболее хорошо структурированных примеров данных русскоязычных ресурсов является сайт <http://aquascape-promotion.com/>, с которого осуществлено цитирование ряда вышеприведенных видоспецифичных данных. На сухопутную флору также существуют подобные базы данных, однако в них дескрипторами и предикторами являются, зачастую, другие величины (Орехов и др., 2017).

На молекулярном уровне подобные зависимости зачастую обусловлены каналомной машинерией – ионными каналами, регулируемыми отклик растений на химизм контактно взаимодействующей с их поверхностью среды (Александров, Градов, 2017). Поэтому целый ряд методов индикации этого взаимодействия (таких, как методы с использованием многих ионоселективных электродов, а также патч-кламп) может рассматриваться как возможность для перехода от чисто-химической индикации этого взаимодействия к анализу активности и эффективности этого взаимодействия на сетях Кауфмана в системно-биологическом плане и определения биохимических целей (targets) подобных ионов посредством анализа подобия, в частности – методами QSAR / QSPR (Орехов, Градов, 2014; Orehov, Gradov, 2015, 2016). На множествах неводных видов растений принципиально возможно оценить реактивность как функцию фенологических метеоклиматически-детерминированных параметров и развития растений как многостадийного процесса (путем специализированных методов совмещенной с химическим анализом и анализом ионных каналов в реальном времени немеханической ауксанометрии (Градов, 2016), ранее применявшейся и без комплексирования с патч-кламп- анализом в чистом виде (Gradov, 2014)). С химических и эколого-биохимических позиций, анализ функции ионных каналов в сопряжении со спектроскопическими данными даёт нам возможность говорить о механизмах воздействия ионов (например, вышеупомянутого нами железа) с использованием методов обработки данных спектроскопии ионных каналов как координационных (комплексно координирующих данные ионы) структур (Градов, Орехов, 2016), определяя сигнализацию и регуляцию клеточных функций ионными каналами того или иного типа через петли обратной связи в циклической кинетике фиксации и переноса ионов (Александров, Градов, 2014). Роль диссоциированных / ионизированных агентов для водных растений в некоторых аспектах может быть сопоставлена роли аэроионов для видов сухопутных (Градов, Адамович, 2015). Одним из экологических проявлений обратной связи на уровне каналама является участие подобных процессов в биологически-опосредованном метаморфизме, формировании биокосного вещества и обогащении естественных частично упорядоченных сред ионами определенных типов (Градов, 2017). Это сказывается не только в естественных условиях, но и в термодинамически открытых, но отделенных от нормальной среды системах, таких как опытные аквариумы, где обратные связи формируют изменения в акваскейпе и комплексную реакцию системы в целом, а не только, например, растений (т.е. аквафлоры данного акваскейпа).

Вполне очевидно, что большинству любителей и специалистов, поддерживающих на акваскейпе многовидовое сообщество, хотелось бы приложить все усилия, чтобы в нем не возникало физико-химических противоречий и конкурентных антагонизмов разных видов растений, связанных с их отличными предпочтениями по химизму аквариумной экосреды. Для этого необходимо измерять и контролировать, а в идеале – производить мониторинг среды с целью установления её внутренних взаимоотношений и оптимальной регуляции с учетом потребностей видов. С другой стороны, известно, что факторы среды комплексно, а не по одиночке, воздействуют на аквариумные растения и, кроме того, взаимодействуют между собой, что приводит к невозможности однонаправленного изменения параметрики аквариума, так как

это, как правило, приводит к компенсирующему или модифицирующему результату воздействия отклику, что особо характерно для аквариумов, содержащих также микрофауну.

Имеет смысл проиллюстрировать эту цепочку связей простейшим примером: pH и жесткость воды связаны, так как кислотно-основные свойства в доступной аквариумистам воде складываются из баланса концентраций карбонатов, ответственных за карбонатную жесткость и играющих роль основания, и CO_2 , играющей роль кислоты. Однако CO_2 есть, как известно, субстрат фотосинтеза, от концентрации которого зависят рост, развитие растений, вырабатывающих кислород. Следовательно, чем больше концентрация CO_2 , тем больше впоследствии будет концентрация кислорода. Но, в то же время, увеличение CO_2 в среде влечет понижение pH, которое замедляет метаболизм базисных микроорганизмов, в частности – ответственных за нитрификацию, что влечет к ускоренному старению среды аквариума по окислительно-восстановительному критерию и по скорости гумификации – отложения гуминовых кислот и фульвокислот. По отношению к последним применяется, в частности, термин «окислительное кислотообразование», говорящий о взаимосвязи этих процессов с изменением pH и редокс-потенциала Eh (аквариумисты часто используют rH). Именно поэтому, в частности, фильтр с торфяным наполнителем служит для подкисления воды – общеизвестно, что гуминовые кислоты входят в состав органической массы торфа. Однако торф, равно как и многие другие используемые в подобных целях органические и природные материалы, выделяет CO_2 , потребляемый аквариумной растительностью. Она, в свою очередь, осуществляет своего рода «биологическую оксигенацию», что приводит к окислению откладывающегося органического вещества. Диссоциация этих органических кислот, в свою очередь приводит к изменению pH, что замыкает круг рассуждений и цикл биологического равновесия.

| pH | 1° | 2° | 3° | 4° | 5° | 6° | 7° | 8° | 9° | 10° | 11° | 12° | 13° | 14° | 15° | 16° | 17° | 18° | 19° | 20° | кН |
|------|----------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|
| 5.0 | более 300 мг/л | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | недостаток |
| 6.0 | 32 | 63 | 95 | 127 | 159 | 190 | 221 | 254 | 285 | | | | | | | | | | | | |
| 6.25 | 18 | 36 | 53 | 71 | 89 | 107 | 125 | 143 | 160 | 178 | 196 | 214 | 232 | 250 | 267 | 285 | | | | | |
| 6.5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | |
| 6.75 | 6 | 11 | 17 | 23 | 28 | 34 | 39 | 45 | 51 | 56 | 62 | 68 | 73 | 79 | 86 | 90 | 96 | 101 | 107 | 113 | |
| 7.0 | 3 | 6 | 10 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 | 29 | 32 | 35 | 38 | 41 | 44 | 48 | 51 | 54 | 58 | 60 | 63 | |
| 7.25 | 2 | 4 | 5 | 7 | 9 | 11 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 29 | 30 | 32 | 34 | 36 | |
| 7.5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | |
| 8.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | избыток |
| 9.0 | менее 1 мг/л | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Рис. 1. Индикация оптимума содержания углекислого газа в воде

Вышерассмотренная система относится к наиболее простому варианту аутоэкологии растений (вне связей с животным), хорошо известной читателю по популярным изданиям, начиная с 1970-х гг. (Rataj, Horeman, 1977) и до наших дней (Walstad, 2013). В то же время, проблема взаимоотношений в подобной искусственной аквариумной экосистеме не исчерпывается этой упрощенной схематикой. Существуют принципиальные отличия в физико-химических основах функционирования, определяющих режимы биологического равновесия, у аквариумов с пресной (Ruff, 2009) и морской (Brightwell, 2007) водой, особо существенные при наличии своеобразной ихтиофауны. Раньше они часто игнорировались, в силу отсутствия технических возможностей широкого распространения сложных «морских» аквариумов, и не учитывались в ранней литературе по аквариумной химии (Geisler, 1963). В общих чертах, речь идет об учете концентрации солей, их осмотических характеристик в водном растворе по отношению к биологическим тканям, удельной электропроводности среды, влияющей на свойства биологических мембран. Однако это существенно сдвигает параметрику среды, то есть «физико-химические ареалы обитания» – определяемые pH / Eh, pCO_2 возможные диапазоны существования аквариумных растений, которые, по сути, моделируют соответствующие (географически-обусловленные) природные

условия. Этим путем можно выявлять географию происхождения и «климатический паттерн» растения, в том числе – по отношению к минерализации водной среды.



Рис. 2. Простейший цветной рН-тест, используемый аквариумистами

Так как все целевые параметры обозначены и, как оказалось, взаимосвязаны, вполне логична потребность в системе, которая бы осуществляла взаимно-скомпенсированный и коррелированный мониторинг в этой области, одновременно автоматически осуществляла классификацию регистрируемых значений по шкале пригодности к жизни определенного растения или неантагонистического растительного сообщества. Иначе говоря, аппаратура подобного рода должна, подобно аквариумному термометру, относить регистрируемые с её помощью значения в их неразрывной совокупности к «зеленой зоне», оптимальной для обитателей фитоаквариума, либо нет. Это особенно важно для так называемых «биотопных» аквариумов.

Общеизвестно, что большинство аквариумистов для контроля жесткости и рН воды используют как раз комплекты реагентов-индикаторов с визуальной цветовой шкалой (см. Рис. 2, 3). Но, в то же время, невозможно провести синхронный тест, в частности, рН и жесткости воды, на этом принципе, так как химико-аналитические процессы будут накладываться друг на друга и смещать результат. В то же время, часто бывает так, что вода, оптимальная по рН или содержанию CO_2 все же не является оптимальной по жесткости для данного вида или сообщества. Таким образом, для полной взаимно-коррелированной оптимизации водной среды аквариума, в котором содержатся Ваши растения, необходим синхронный анализ с использованием нескольких юстируемых друг относительно друга химических величин. В силу сложности взаимодействия этих величин, рассмотренной выше, этот процесс должен осуществляться в режиме мониторинга, а не единичных измерений. Отсюда следует, что в данном случае обычные цветные реакции не подходят, но можно, использовать датчики, воспроизводящие аналитический результат данных реакций: рН-метрические электроды, датчики на содержание газов, например – CO_2 в среде, датчики жесткости воды TDS, или кондуктометрические электроды для измерения удельной электропроводности по солям в

выносной колбе и т.д., визуализируя результат измерений на измерительном индикаторе с «зеленой зоной», положение которой пользователь может видоспецифично юстировать по всем важным параметрам сразу с учетом взаимодействия последних.



Рис. 3. Колориметрически-различные тесты на разные дескрипторы состояния воды

2. Материалы и методы

В связи с этим целесообразно рассказать об одной работе, выполненной российской инициативной группой под кураторством автора несколько лет назад по просьбе коллег из Латвии, специализировавшихся на выращивании водных растений. Требовалось создание аквариумной мониторинговой системы для взаимно-коррелированного измерения четырех параметров: рН, растворенного кислорода/углекислого газа, температуры и жесткости. В связи с целевой аудиторией читателей этой статьи здесь не приводятся технологические и схематические подробности, но делается акцент на интуитивно-понятных принципах и операциях управления подобными конструкциями. В настоящее время доступны намного более продвинутые платформы типа «Arduino» и т.п., на базе которых желающие могут на модульной основе создать аналогичную конструкцию удовлетворительной для аквариума точности. Общий вид блока контроля нашей разработки приведен на [Рис. 4](#).



Рис. 4. Блок контроля комплексной «зеленой зоны»

Микроэлектронная часть системы мониторинга предусматривает два калибровочных уровня – химической калибровки и биологической калибровки. Химическая калибровка с учетом температуры по четырем датчикам (гумблеры инициализации которых обозначены буквами А, Б, В, Г) осуществляется модулем, показанным на рис. 5. Учет температуры (в т.н. режиме термокомпенсации) производится с помощью рукоятки со шкалой температур Т с двумя шкалами. Взаимная калибровка осуществляется с использованием процентного регулятора (потенциометра, переменного резистора, агометра), обозначенного стрелкой с процентами. Грубое определение пользователем результата переключения осуществляется по красному и зеленому светодиодным индикаторам, расположенным ниже. Превышение индицируется красным индикатором, заниженное соотношение зеленым, причем уровень свечения зависит от уровня отклонения показателя. После химической калибровки нужно осуществить биологическую привязку, которая осуществляется с помощью специального программируемого (цифро-аналогового / аналого-цифрового модуля) по зеленой шкале на миллиамперметре. В память прибора введены оптимальные значения диапазонов и нормы реакции для тех растений, которые выращивались латвийскими коллегами (по выданным ими же данным). Эти шаблоны калибровки вызываются с помощью клавиатуры рядом с микроамперметром, индицирующим «зеленую зону», как это показано на [Рис. 6](#).

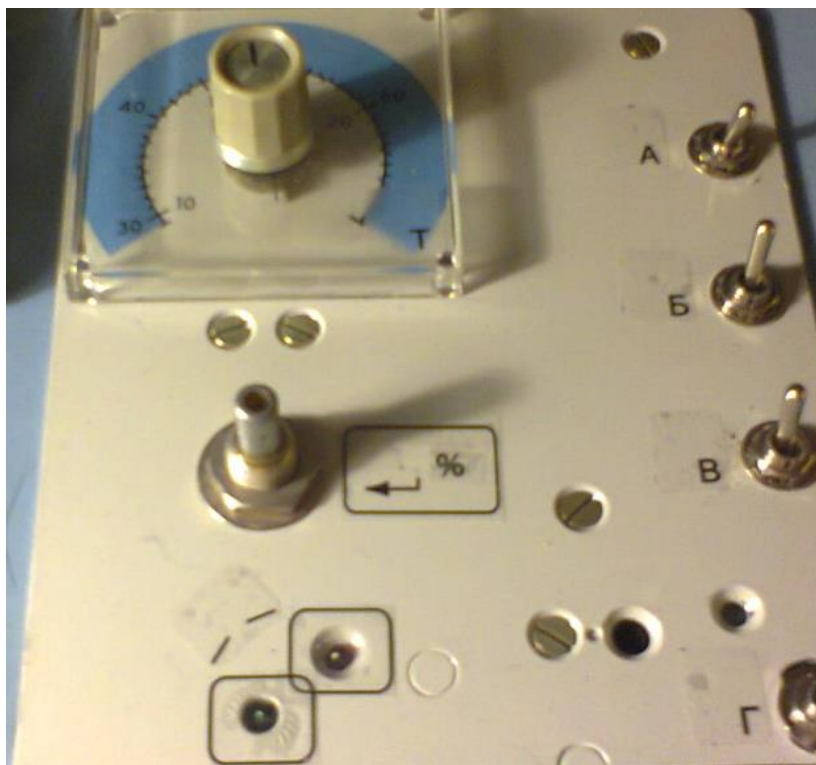


Рис. 5. Модуль корреляционной химической калибровки



Рис. 6. Модуль выбора программ и индикации биологического диапазона

3. Результаты

Прибор в составе программно-аппаратного комплекса с HYDRO_GEN_ICPRAS (более поздняя разработка) управляется от компьютера и может передавать данные мониторинга с указанием величин отклонения от видоспецифичных диапазонов на компьютер через USB порт (например, на ноутбук, как это показано на рис. 4). Для выбора программы по номеру с клавиатуры на корпусе (см. рис. 6) при удерживаемой клавише No. Набирается комбинация цифр для данной программы. При этом появляется возможность наблюдать соответствие и / или несоответствие на шкале миллиамперметра. Следует подчеркнуть, что прибор носит специализированный для экспериментального аквариумного растениеводства характер, то есть результат выдается не в физических или химических величинах (которые возможно и нужно измерять уже существующей специализированной откалиброванной техникой), а в

комплексно-биологических корреляционных величинах (точнее, диапазонах), ранг которых определяется цифровой логикой на основе сопоставления величин с датчиков. Их число, в принципе, может быть увеличено путем увеличения разнообразия датчиков, что позволит внести в список автоматизированного принятия решений, например, фосфаты и нитраты либо ионы железа или иные важные для растений параметры. К сожалению, из-за заказного характера описанных работ, автор статьи не может предоставить полную схемотехническую документацию и программное обеспечение под ОС Windows для желающих. Кроме того, ввиду утери связи с заказчиком, не может привести отзывы о результатах использования данной системы в длительной практике (на данный момент прошло около 7-8 лет). Однако тестирование, произведенное перед отправкой экспериментального образца, показало как метрологическое, так и фактическое соответствие (с использованием в качестве поверочных приборов «Mettler Toledo» и «Hanna»), так и биологическую правдоподобность получаемых результатов. За две первых недели использования любые критические сдвиги «параметрики» аквариума индцировались без существенной задержки и качественной ошибки. И, кроме того, на случай дрейфа показаний во времени (либо механического сбоя показаний – при падении прибора) на корпусе прибора предусмотрен двухуровневый (на случай физико-химической и обратной – биологической калибровки либо общей калибровки к условному нулю) механизм тонкой регулировки «ноля» стрелки индикатора. Помимо винта на корпусе миллиамперметра в область кнопки включения (см. Рис. 7) выведен электромеханический регулятор.



Рис. 7. Электромеханический регулятор

Уровень системотехники, надежности (робастности) предложенной системы позволяет работать в экстремальных условиях по механическим воздействиям – что важно, например, для аквариумистов, часто меняющих объекты хардскейпинга в аквариуме и иным образом манипулирующими с аквариумной средой. Автор был бы рад повторению подобной работы и просит обращаться за комментариями по электронной почте.

4. Благодарности

Тренд данной работы был продолжен в рамках инициативных (неоплачиваемых) НИР «Феноспектр» («Разработка принципов корреляционных феноспектральных измерений с использованием комплементарных аэрохимических / газохимических и гидрохимических дескрипторов и их использования для систематической реконструкции фенограмм и построения многомерных корреляционных биогеографических и биоклиматических карт») в 2014 году, основанных на бартерном обмене оборудованием и предоставлении приборов в безвозмездное пользование между сотрудниками химико-физических институтов (номер по списку проектов 53159363 [<https://istina.msu.ru/projects/53159363/>]), за что лабораториям и отдельным сотрудникам лабораторий данных институтов выражается особая благодарность. Работа не была поддержана государственными или частными фондами, поэтому автором и участниками проекта декларируется отсутствие конфликта интересов.

Литература

[Александров, Градов, 2017](#) – Александров П.Л., Градов О.В. Роль ионных каналов в биогеохимической эволюции таксонов и фенологическая систематика с использованием библиотеки ключей, основанной на фингерпринтинге баз регистрограмм патч-кламп-спектроскопии в условиях, моделирующих геохимическую среду. Часть I. // *Труды БИОГЕЛ*, 2017, 26: 85–101.

[Александров, Градов, 2014](#) – Александров П.Л., Градов О.В. Конвенционные патч-кламп-автоматы с обратной связью для многофакторных лабораторий на чипе с использованием интерфейсов вычислительных машин реального времени. // *Биотехносфера*, 2014, 3(33): 13–17.

[Градов, 2014](#) – Градов О.В. Комплексный взаимно-коррелированный контроль физиологии аквариумных растений и аквариумной экосистемы. // *Аквафлора*, 2014, 2(5): 47–51.

[Градов, 2015](#) – Градов О.В. Физико-химическая биоценологическая и биогеографическая систематика водных растений на основе комплексных показателей реактивности к гидрохимически обусловленным факторам. / *Материалы Международной конференции "Проблемы систематики и географии водных растений" (Ярославль, Борок, 21-24 октября 2015 г.)*, с. 28–29.

[Градов, 2016](#) – Градов О.В. Многофакторная патч-кламп-спектроскопия как метод характеристики сигнальных систем растений и источник комплементарных систематических дескрипторов для биохимической таксономии с привязкой к биогеографическим картам и феноспектральной ауксанометрии. Сигнальные системы растений: от рецептора до ответной реакции организма, с. 79–81. Изд-во Санкт-Петербургского государственного университета СПб, 2016.

[Градов, 2017](#) – Градов О.В. Роль ионных каналов и пор в биогенном синтезе минералов и биогенном метаморфизме частично упорядоченных сред. / *Всероссийский ежегодный семинар по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии (18-19 апреля 2017. Москва, ГЕОХИ РАН)*, Тезисы докладов, стр. 027. ГЕОХИ РАН, Москва.

[Градов, Адамович, 2015](#) – Градов О., Адамович Е. Аэроионная спектроскопия и аэроионная спектрометрия как методы исследования (верификации) биофизического эффекта и объективных механизмов воздействия на переживающие слайсы и культуры тканей аэроионов с различным зарядом и массой. // *Экспериментальная и теоретическая биофизика*, 2015, 15, с. 18–18. Пушино.

[Градов, Орехов, 2016](#) – Градов О.В., Орехов Ф.К. Корреляционная патч-кламп-спектрометрия ионных каналов – сочетание спектрального анализа электрофизиологического отклика канала в нежестком реальном времени и методов спектроскопии ионных каналов как координационных (комплексных) структур. // *Биомедицинская инженерия и электроника*, 2016, 2(13): 5–28.

[Орехов и др., 2017](#) – Орехов Ф.К., Панкратов С.К., Адамович Е.Д., Линь Д., Градов О.В. Биоценологическая физико-биохимическая и биогеографическая систематика на базе комплексных показателей реактивности к геохимическим и геофизическим факторам. // *Биомедицинская инженерия и электроника*, 2017, 1(15): 174–235.

[Орехов, Градов, 2014](#) – Орехов Ф.К., Градов О.В. Гибридизация COBAC, QSPR / QSAR и SBGN: единство теории и практики в анализе данных и проектировании спектрально-биохимического лабораторно – диагностического и биомедицинского оборудования. // *Биотехносфера*, 2014, 33(3): 29–31.

[Brightwell, 2007](#) – Brightwell C.R. Marine Chemistry: A Complete Guide to Water Chemistry in Marine Aquariums. 2007, T.F.H. Publications, 272 p.

[Geisler, 1963](#) – Geisler R. Aquarium Water Chemistry, 1963, T.F.H. Publications, 32 p.

[Gradow, 2014](#) – Gradow O. Novel "phenospectral auxanometry" using complexation of optical spectroscopy and chromatographic auxanometry or gc-ms-auxanometry in forest plant species vegetation phenological monitoring based on gas & flavor chemistry principles. // *Int. Journ. Green Herb. Chem., Section A: Green Chem*, 2014, 3(2): 555–579.

[Orehov, Gradow, 2015](#) – Orehov F.C., Gradow O.V. On-line/real time compatibility of COBAC analysis, QSPR, QSAR and SBGN big data mining as a novel tool for physiochemical prognostics in

the biomedicine-assisted screening and experimental toxicology and allergology. // *Journal of data mining in genomics & proteomics*, 2015, 6(4): 64.

[Orehov, Gradov, 2015](#) – *Orehov F.C., Gradov O.V.* In situ/real time analysis in frame of COBAC, QSPR, QSAR and SBGN as a novel tool for the biosimilarity studies and physio-chemical prognostics in the biomedicine-assisted screening and experimental toxicology and allergology. // *Journal of Bioanalysis & Biomedicine*, 2015, 7(5): 95.

[Orehov, Gradov, 2016](#) – *Orehov T.C., Gradov O.V.* Hybridization of COBAC, QSPR / QSAR and SBGN technologies: The unity of theory and practice for biomedical technique design and biochemical diagnostic information analysis. // *Journ. Med. Bioeng*, 2016, 5(2): 128–132.

[Rataj, Horeman, 1977](#) – *Rataj K., Horeman T.J.* Aquarium Plants: Their Identification, Cultivation and Ecology, 1977, T.F.H. Publications, 448 p.

[Ruff, 2009](#) – *Ruff K.J.* Freshwater Aquarium Chemistry, 2009, AquaChem Publishing, 80 p.

[Walstad, 2013](#) – *Walstad D.* Ecology of the Planted Aquarium. A practical manual and scientific treatise for the home aquarist. 2013, Echinodorus Publishing, 193 p.

References

[Aleksandrov, Gradov, 2017](#) – *Aleksandrov, P.L., Gradov, O.V.* (2017). Rol' ionnykh kanalov v biogeokhimicheskoi evolyutsii taksonov i feneticheskaya sistematika s ispol'zovaniem biblioteki klyuchey, osnovannoi na fingerprintinge baz registrogramm patch-klamp-spektroskopii v usloviyakh, modeliruyushchikh geokhimicheskuyu sredu. Chast' I. *Trudy BIOGEL*, 26: 85–101. [in Russian]

[Aleksandrov, Gradov, 2014](#) – *Aleksandrov, P.L., Gradov, O.V.* (2014). Konventsionnye patch-klamp-avtomaty s obratnoi svyaz'yu dlya mnogofaktornykh laboratorii na chipe s ispol'zovaniem interfeisov vychisitel'nykh mashin real'nogo vremeni. *Biotekhnosfera*, 3(33): 13–17. [in Russian]

[Gradov, 2014](#) – *Gradov, O.V.* (2014). Kompleksnyi vzaimno-korrelirovannyi kontrol' fiziologii akvariumnykh rastenii i akvariumnoi ekosistemy. *Akvaflora*, 2(5): 47–51. [in Russian]

[Gradov, 2015](#) – *Gradov, O.V.* (2015). Fiziko-khimicheskaya biotsenoticheskaya i biogeograficheskaya sistematika vodnykh rastenii na osnove kompleksnykh pokazatelei reaktivnosti k gidrokhimicheski obuslovlennym faktoram. *Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii "Problemy sistematiki i geografii vodnykh rastenii" (Yaroslavl', Borok, 21-24 oktyabrya 2015 g.)*, pp. 28–29. [in Russian]

[Gradov, 2016](#) – *Gradov, O.V.* (2016). Mnogofaktornaya patch-klamp-spektroskopiya kak metod kharakterizatsii signal'nykh sistem rastenii i istochnik komplementarnykh sistematicheskikh deskriptorov dlya biokhimicheskoi taksonomii s privyazkoi k biogeograficheskim kartam i fenospektral'noi auksanometrii. Signal'nye sistemy rastenii: ot retseptora do otvetnoi reaktsii organizma, pp. 79–81. Izd-vo Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta SPb. [in Russian]

[Gradov, 2017](#) – *Gradov, O.V.* (2017). Rol' ionnykh kanalov i por v biogennom sinteze mineralov i biogennom metamorfizme chastichno uporyadochennykh sred. *Vserossiiskii ezhegodnyi seminar po eksperimental'noi mineralogii, petrologii i geokhimii (18-19 aprelya 2017. Moskva, GEOkhi RAN)*, Tezisy dokladov, str. 027. GEOkhi RAN, Moskva. [in Russian]

[Gradov, Adamovich, 2015](#) – *Gradov, O., Adamovich, E.* (2015). Aeroionnaya spektroskopiya i aeroionnaya spektrometriya kak metody issledovaniya (verifikatsii) biofizicheskogo effekta i ob"ektivnykh mekhanizmov vozdeistviya na perezhivayushchie slaisy i kul'tury tkanei aeroionov s razlichnym zaryadom i massoi. *Ekspierimental'naya i teoreticheskaya biofizika*, 15, pp. 18–18. Pushchino. [in Russian]

[Gradov, Orekhov, 2016](#) – *Gradov, O.V., Orekhov, F.K.* (2016). Korrelyatsionnaya patch-klamp-spektrometriya ionnykh kanalov – sochetanie spektral'nogo analiza elektrofiziologicheskogo otklika kanaloma v nezhestkom real'nom vremeni i metodov spektroskopii ionnykh kanalov kak koordinatsionnykh (kompleksnykh) struktur. *Biomeditsinskaya inzheneriya i elektronika*, 2(13): 5–28. [in Russian]

[Orekhov i dr., 2017](#) – *Orekhov, F.K., Pankratov, S.K., Adamovich, E.D., Lin', D., Gradov, O.V.* (2017). Biotsenoticheskaya fiziko-biokhimicheskaya i biogeograficheskaya sistematika na baze kompleksnykh pokazatelei reaktivnosti k geokhimicheskim i geofizicheskim faktoram. *Biomeditsinskaya inzheneriya i elektronika*, 1(15): 174–235. [in Russian]

[Orekhov, Gradov, 2014](#) – *Orekhov, F.K., Gradov, O.V.* (2014). Gibridizatsiya COBAC, QSPR / QSAR i SBGN: edinstvo teorii i praktiki v analize dannykh i proektirovanii spektral'no-biokhimicheskogo laboratorno – diagnosticheskogo i biomeditsinskogo oborudovaniya. *Biotekhnosfera*, 33(3): 29–31. [in Russian]

[Brightwell, 2007](#) – *Brightwell, C.R.* (2007). *Marine Chemistry: A Complete Guide to Water Chemistry in Marine Aquariums*. T.F.H. Publications, 272 p.

[Geisler, 1963](#) – *Geisler, R.* (1963). *Aquarium Water Chemistry*, T.F.H. Publications, 32 p.

[Gradov, 2014](#) – *Gradov, O.* (2014). Novel "phenospectral auxanometry" using complexation of optical spectroscopy and chromatographic auxanometry or gc-ms-auxanometry in forest plant species vegetation phenological monitoring based on gas & flavor chemistry principles. *Int. Journ. Green Herb. Chem., Section A: Green Chem*, 3(2): 555–579.

[Orehov, Gradov, 2015](#) – *Orehov, F.C., Gradov, O.V.* (2015). On-line/real time compatibility of COBAC analysis, QSPR, QSAR and SBGN big data mining as a novel tool for physiochemical prognostics in the biomedicine-assisted screening and experimental toxicology and allergology. *Journal of data mining in genomics & proteomics*, 6(4): 64.

[Orehov, Gradov, 2015](#) – *Orehov, F.C., Gradov, O.V.* (2015). In situ/real time analysis in frame of COBAC, QSPR, QSAR and SBGN as a novel tool for the biosimilarity studies and physiochemical prognostics in the biomedicine-assisted screening and experimental toxicology and allergology. *Journal of Bioanalysis & Biomedicine*, 7(5): 95.

[Orehov, Gradov, 2016](#) – *Orehov, T.C., Gradov, O.V.* (2016). Hybridization of COBAC, QSPR / QSAR and SBGN technologies: The unity of theory and practice for biomedical technique design and biochemical diagnostic information analysis. *Journ. Med. Bioeng*, 5(2): 128–132.

[Rataj, Horeman, 1977](#) – *Rataj, K., Horeman, T.J.* (1977). *Aquarium Plants: Their Identification, Cultivation and Ecology*, T.F.H. Publications, 448 p.

[Ruff, 2009](#) – *Ruff, K.J.* (2009). *Freshwater Aquarium Chemistry*, AquaChem Publishing, 80 p.

[Walstad, 2013](#) – *Walstad, D.* (2013). *Ecology of the Planted Aquarium. A practical manual and scientific treatise for the home aquarist*. Echinodorus Publishing, 193 p.