



## АВТОНОМНЫЕ ДАТЧИКОВЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОЛЕВОГО ПРАКТИКУМА

Известно, что изучение естественных наук немислимо без эксперимента. Обычно говорят: «То, что услышишь, — забудешь, то, что увидишь, — запомнишь, а то, что сделаешь, — поймешь!». Опираясь на эту азбучную истину, ведущий производитель учебной техники — лаборатория L-микро разрабатывает оборудование для демонстрационного и лабораторного эксперимента по физике, химии, биологии и экологии.

В этом номере мы начинаем публикацию серии статей об использовании датчиковых систем как автономных, предназначенных для использования в полевых условиях, так и стационарных, образующих компьютерный измерительный комплекс.

Автономные датчики позволяют измерять разнообразные характеристики окружающей среды, а также определять концентрации различных веществ. До недавнего времени датчиковые системы были исключительно делом большой науки, главным образом вследствие большой стоимости и требований высокой квалификации при работе с ними. Кроме того, сами датчики были громоздки и непригодны для полевых условий. Однако технический прогресс, в первую очередь миниатюризация процессоров и электронных схем, привел к значительному упрощению работы с датчиковыми системами и снижению их стоимости.

К настоящему времени в России появились отечественные датчиковые системы, пригодные для использования в полевых условиях. Они разрабатываются в лаборатории L-микро и адаптированы для использования школьниками в полевых условиях.

Что конкретно позволяют определять датчиковые системы L-микро? Какие задачи они позволяют решать?

Датчики L-микро позволяют непосредственно измерять температуру, давление, индукцию постоянного или переменного магнитного поля, электропроводность, pH воды, концентрацию нитрат-ионов в природной воде. Использование в дополнение к датчиковым системам химических методов «мокрой химии», адаптированных к полевым условиям, позволяет определять общую и свободную щелочность, буферную емкость природной воды по отношению к кислотам и основаниям, природу кислот и оснований, растворенных в природной воде, жесткость, концентрацию хлорид-ионов. В разработке находятся датчик растворенного в воде кислорода, а также различные фотометрические датчики, которые позволят определять цветность, мутность, природу окрашивающих веществ, а также (с добавлением методов «мокрой химии») растворенное железо, алюминий, фтор и некоторые другие компоненты.



**ЖИЛИН ДЕНИС МИХАЙЛОВИЧ,**  
*кандидат химических наук, Соросовский учитель, науч-  
ный сотрудник лаборатории L-микрo.*



**ПОВОЛЯЕВ  
ОЛЕГ АЛЕКСАНДРОВИЧ,**  
*кандидат технических наук, директор Подмоскoвнoгo  
филиала РНПО «Росучтрибор»*

Наиболее существенные изменения использование датчиковых систем вносит преподавание химии и экологии. Одна из задач химии — предсказать, какие свойства будет проявлять то или иное вещество в тех или иных условиях, в том или ином окружении. Иногда, если речь идет об относительно простых системах, такое предсказание можно сделать на качественном уровне. Например, на вопрос, что будет, если смешать такие-то вещества, часто достаточно написать уравнение реакций между ними без всяких количественных расчетов. Но даже в этом случае иногда приходится привлекать количественные данные.

Если же речь идет о предсказании поведения вещества в сложной системе, то без количественных характеристик этих систем (концентраций веществ в них, параметров взаимодействия между веществами и т.д.) предсказать поведение вещества невозможно в принципе.

Между тем со сложными химическими системами человек имеет дело гораздо чаще, чем с простыми. Одна из таких сложных систем — окружающая среда. Человек, не понимающий (хотя бы на элементарном уровне), как вещества ведут себя в окружающей среде, не может считаться экологически образованным. Особое значение химические процессы в окружающей среде имеют для сельских школьников, ибо они определяют плодородие почв, порядок внесения удобрений, порядок севооборота, возможность исполь-

зования той или иной воды в различных целях и многие другие факторы, непосредственно влияющие на работу и образ жизни сельских жителей.

К сожалению, решать даже самые простые задачи химии окружающей среды, школьники пока не в состоянии. В первую очередь это связано с несформированностью представлений о химическом составе и химических процессах в окружающей среде. И даже если дать им соответствующие теоретические знания, эти знания все равно будут абстрактным грузом, пока школьник сам не «прощупает» этот состав и эти процессы. Следовательно, нужно предоставить учащимся возможность практически исследовать процессы в окружающей среде. А исследовать эти процессы невозможно, не характеризуя количественно системы, в которых они протекают.

Для того чтобы количественно охарактеризовать какую-либо химическую систему, недостаточно наших пяти органов чувств, а значит — недостаточно пробирок, которые сейчас являются основным инструментом обучения химии в школе. Современная химия уже давно переросла пробирки. В ней все шире и шире применяются различные измерительные, в том числе датчиковые, системы. Они позволяют точно измерить различные параметры, которые без них либо вообще невозможно «увидеть» или «пощупать», либо нельзя измерить количественно. Таким образом, датчиковые системы можно считать дополнительными органами

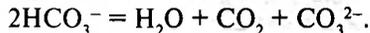
чувств человека, позволяющими чувствовать то, что он не чувствует органами, данными ему от природы.

Чтобы у школьника за абстрактными цифрами стояли конкретные образы, чтобы результаты анализов воспринимались как единое целое с окружающей средой, датчиковые системы нужно применять непосредственно на объектах окружающей среды — в полевых условиях.

Автор использовал описанные датчики в школьных экспедициях. Так, в Галичском озере Костромской области, в черте города, в воде, при помощи датчика был обнаружен  $pH = 10,8$ . Это значительно превышает все мыслимые нормы (вода слишком щелочная) и делает воду непригодной не только для питья, но и для купания, ибо столь высокощелочная вода медленно разрушает кожу. Определение  $pH$  в озерной воде в разных точках даже позволило найти место сброса щелочных стоков.

Другой интересный результат был получен при исследовании воды из водоразборных колонок в том же городе. В исходной воде  $pH$  не превышает 8, что вполне укладывается во все нормы. Однако, если

эту воду прокипятить,  $pH$  возрастает почти до 10, что уже выходит за пределы норм. По-видимому, в колодезной воде растворены гидрокарбонат-ионы, противоионами к которым являются ионы натрия. При кипячении гидрокарбонаты превращаются в гораздо более сильные основания — карбонаты, противоионами к которым по-прежнему остаются ионы натрия, из-за чего они остаются в растворе:



Вот и получается, что формально вода нормам соответствует, а пить ее нежелательно.

Датчиковые системы в сочетании с методами «мокрой химии» позволяют непосредственно обнаружить устойчивость природных вод к загрязнениям и даже оценить предел устойчивости. Например, устойчивость природных вод к загрязнению кислотой можно увидеть с помощью датчика  $pH$ . Для этого к пробе воды нужно добавлять кислоту и следить за изменением  $pH$ .

Из приведенного ниже графика видно, что на первых порах  $pH$  природной воды меняется не сильно (в отличие от  $pH$  дис-

## Технические характеристики датчиковых систем I-микро

**Измеритель переменного магнитного поля**



Диапазон измерений — 0,05—19,99 мкТл  
Погрешность измерения — не более 20%

**Измеритель электропроводности и температуры**

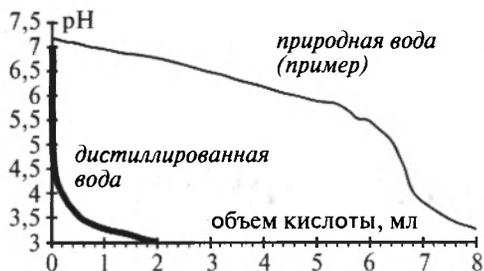


Время отклика — не более 1 с  
Диапазон измерения — 20 мСм/см  
Максимальная погрешность — 10%

**Измеритель  $pH$  и температуры**



Диапазон измерения — 0—12 ед.  $pH$   
Шуп — твердоконтактный, сурьмяной  
Погрешность —  $\pm 0,3$  ед.  $pH$   
Погрешность измерения температуры —  $\pm 0,5^\circ\text{C}$



*pH-метрическое титрование природной и дистиллированной воды. К пробе в 100 мл воды добавляли соляную кислоту с концентрацией 0,05 моль/л*

тиллированной, который резко падает). Это означает, что природная вода может нейтрализовать некоторое количество кислоты без особых последствий для водной экосистемы, то есть обладает буферными свойствами. Поскольку функционирование озерных экосистем зависит от pH воды в озере, следовательно добавление небольших количеств кислоты не вызовет катастрофических изменений в озерной экосистеме, и залог этой устойчивости — буферные свойства природной воды. Однако в какой-то момент (для пробы, результаты анализа которой показаны на графике, он наступает, когда к

100 мл пробы добавлено около 6 мл кислоты с концентрацией 0,05 моль/л) pH резко падает. Если соответствующее количество кислоты оказалось бы в озере, в озерной экосистеме произошли бы катастрофические изменения.

Таким образом, датчик pH позволяет явно увидеть буферные свойства природной воды по отношению к кислотам. Другие датчики также позволяют увидеть буферные свойства воды по отношению к другим загрязняющим веществам. Кроме того, при помощи датчиковых систем можно быстро получать большие массивы информации по тем или иным параметрам состава природной воды, что особенно актуально, если эти параметры быстро меняются во времени и пространстве.

Подытоживая, можно сказать, что датчиковые системы сейчас только начинают приходить в школы. Приведенные выше примеры далеко не исчерпывают всех возможностей полевых датчиковых систем в естественнонаучном образовании. Их использование в учебном процессе позволит вывести преподавание естественнонаучных дисциплин на новый уровень.

### Измеритель постоянно-го магнитного поля



Время установления индикатора — не более 1 с  
 Диапазон измерения — ±1000 мТл  
 Максимальная погрешность — 10 %

### Измеритель давления и температуры



*Прибор предназначен для измерения перепада давления относительно местного атмосферного давления.*  
 Диапазон рабочих давлений — от -100 кПа до +100 кПа  
 Погрешность измерений — не хуже ±0,5 кПа  
 Диапазон измерения температуры от 0°C до 50°C  
 Точность измерения температуры — ±2°C

### Иономер



Электрод сравнения — хлор-серебряный ЭВЛ-1М3.1  
 Калибровка ручная, по калибровочному графику.  
 Остальные характеристики определяются измерительным электродом.