

ПРАКТИКА ВАЛИДАЦИИ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ pH И УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ В ОБЪЕКТАХ ПОЧВЕННО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СУДЕБНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРИ ОТСУТСТВИИ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ

Г.И. Бебешко¹, Г.Г. Омелянюк^{1,2}, М.В. Никулина¹, А.Р. Валитова¹

¹ Федеральное бюджетное учреждение Российский федеральный центр судебной экспертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации, Москва 109028, Российская Федерация

² ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва 117198, Российская Федерация

Аннотация. Представлено описание эксперимента по валидации методики определения водородного показателя (pH) и удельной электропроводности (УЭП) в объектах почвенно-геологического происхождения для производства судебно-экологической экспертизы. Задачей валидации была унификация условий приготовления водной вытяжки из исследуемых объектов, поскольку в соответствующих регламентирующих нормативных документах условия существенно различались. В связи с отсутствием на текущий момент времени необходимых стандартных образцов возникла необходимость подбора контрольных образцов и оценки в них опорных значений pH и УЭП как средних значений совокупности результатов измерений.

В эксперименте участвовали пять операторов, которые независимо друг от друга проводили по шесть параллельных анализов трех контрольных образцов, каждый оператор – в разное время, со своим набором реактивов и оборудования. Измерения pH и УЭП выполняли для двух разведений, каждое через 5 мин, 1 час и 24 часа. На основании статистических расчетов полученной совокупности результатов приняты опорные значения определяемых показателей в трех контрольных образцах при разных условиях приготовления водной вытяжки.

Показано, что при разведении вытяжки в соотношении почва/вода 1 : 2,5 в среднем результаты определения УЭП выше в 1,8 раза, а pH ниже на 0,20 ед. в сравнении с разведением почва/вода 1 : 5. Поскольку для водной вытяжки общепринятым является разведение 1 : 5, необходимо вводить поправку при разведении 1 : 2,5. В отношении времени выдерживания вытяжки до измерения установлено, что оно может варьироваться от 5 мин до 1 часа.

При повторной валидации через год найденные средние значения pH и УЭП в трех контрольных образцах почвенных объектов находились в пределах интервала неопределенности принятых опорных значений. Полученные результаты свидетельствуют об устойчивости свойств контрольных образцов и надежности использованной методики.

Ключевые слова: *судебно-экологическая экспертиза, валидация, объекты почвенно-геологического происхождения, контрольные образцы, опорное значение*

Для цитирования: Бебешко Г.И., Омелянюк Г.Г., Никулина М.В., Валитова А.Р. Практика валидации методики определения pH и удельной электропроводности в объектах почвенно-геологического происхождения для производства судебно-экологической экспертизы при отсутствии стандартных образцов // Теория и практика судебной экспертизы. 2017. Том 12. № 2. С. 66–74.

EXPERIMENTAL VALIDATION OF A METHODOLOGY FOR DETERMINING SOIL pH AND SPECIFIC ELECTRICAL CONDUCTANCE IN SAMPLES OF GEOLOGICAL AND SOIL EVIDENCE IN FORENSIC ENVIRONMENTAL INVESTIGATIONS IN THE ABSENCE OF STANDARD SAMPLES

Galina I. Bebeshko¹, Georgii G. Omel'yanyuk^{1,2}, Marina V. Nikulina¹, Alsu R. Valitova¹

¹ The Russian Federal Centre of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation, Moscow 109028, Russian Federation

² Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow 117198, Russian Federation

Abstract. The paper describes an experiment in validation of a forensic methodology for determining the hydrogen potential (pH) and specific conductance (SC) in samples of geological and soil evidence for the purposes of forensic environmental investigation. Validation was aimed at standardizing the conditions of aqueous extract preparation, since the conditions prescribed by corresponding regulations varied significantly. Given the absence of adequate standard samples at the time of the experiment, control samples had to be selected, and reference values of pH and SC in these control samples had to be determined through average values of the overall set of measurements.

The experiment consisted of 5 operators independently conducting six parallel analyses of three control samples, each operator working at a different time and using their own assay kits. Both pH and SC values were measured in two different dilutions, each after 5 minutes, 1 hour, and 24 hours of holding time. Statistical calculations of the obtained set of results yielded reference values for target parameters in three control samples for different aqueous extract preparation conditions.

It was demonstrated that when the extract is diluted to 1 : 2.5 soil/water ratio, measurements are on average 1.8 times higher for SC, and 0.20 pts lower for pH, compared to 1 : 5 soil/water dilution. Since 1 : 5 is the standard dilution for aqueous extracts, 1 : 2.5 dilutions call for a corresponding adjustment. Acceptable holding time between dilution and measurement has been established to vary between 5 minutes and 1 hour.

When re-validated a year later, the obtained mean values of pH and SC in three control samples of soil fit within the uncertainty interval for adopted reference values. The outcomes demonstrate the stability of control sample properties and reliability of the applied methodology.

Keywords: *forensic environmental investigation, validation, geological and soil evidence, control samples, reference value*

For citation: Bebeshko G.I., Omel'yanyuk G.G., Nikulina M.V., Valitova A.R. Experimental Validation of a Methodology for Determining Soil pH and Specific Electrical Conductance in Samples of Geological and Soil Evidence in Forensic Environmental Investigations in the Absence of Standard Samples. *Theory and Practice of Forensic Science*. 2017. Vol 12. No 2. P. 66–74.

Введение

Судебно-экологическое исследование антропогенного воздействия на объекты почвенно-геологического происхождения основывается на определении ряда контролируемых показателей, среди которых обязательными являются величины водородного показателя (рН) и удельной электропроводности (УЭП) водной вытяжки из исследуемых проб.

Необходимость проведения валидации методики определения рН и УЭП возникла в связи с тем, что имеющиеся нор-

мативные документы¹, регламентирующие определение этих показателей, различаются условиями приготовления водной вытяжки (табл. 1). Кроме того, на текущий момент времени в лаборатории отсутствуют стандартные образцы объектов почвенно-геологического происхождения с установленными значениями рН и УЭП.

¹ (1) ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. (2) ГОСТ 17.5.4.01-84. Охрана природы. Рекультивация земель. Методы определения рН водной вытяжки вскрышных и вмещающих пород.

Таблица 1. Условия приготовления водной вытяжки
Table 1. Aqueous extract preparation conditions

Нормативный документ	Разведение (соотношение почва/вода)	Продолжительность и условия взбалтывания	Время выдерживания
ГОСТ 26423-85	1 : 5	3 мин	5 мин
ГОСТ 17.5.4.01-84	1 : 2,5	5 мин	18–24 час

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725-2002² вместо стандартных образцов могут использоваться подходящие контрольные образцы с принятым опорным значением измеряемых показателей. При этом принятое опорное значение, которое служит в качестве согласованного значения для сравнения результатов, может быть получено разными способами, в том числе как среднее значение заданной совокупности результатов измерений.

Таким образом, задачей проведения валидационного эксперимента была унификация условий приготовления водной вытяжки и оценка опорных значений pH и УЭП в контрольных образцах как средних значений достаточной совокупности результатов измерений.

Объекты и методы

Сотрудниками лаборатории судебно-экологической экспертизы ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России в качестве контрольных были отобраны образцы почв на трех ненарушенных участках с разным типом почвенного покрова:

- подзол (подзолистый горизонт);
- дерново-подзолистая (пахотный горизонт);
- чернозем типичный (пахотный горизонт).

Образцы существенно отличались друг от друга и охватывали рабочий диапазон измерений pH от 4,0 до 8,0 ед. и УЭП от 50 до 500 мкСм/см по методике. Их готовили для анализа также, как и стандартные образцы. Смешанные пробы образцов отбирали методом квартования, высушивали в термостате при температуре 40 °С, растирали в фарфоровой ступке и просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм.

Эксперимент проводили в следующей последовательности (рис. 1):

- измерение контролируемых показателей для двух разведений – соотношение проба/вода 1 : 2,5 и 1 : 5;
- измерение контролируемых показателей – через 5 мин, 1 час и 24 часа;
- участие в ходе эксперимента пяти операторов, которые независимо друг от друга проводили анализ, каждый в разное время, каждый со своим набором реактивов и оборудования – это позволило принимать каждого оператора за отдельную лабораторию;
- количество параллельных определений каждого оператора – 6.

Используемое оборудование

• Для измерения pH и УЭП использовали pH-метр/кондуктометр фирмы Mettler Toledo (модель SevenMulti), снабженный двумя датчиками: комбинированным pH-электродом серии InLab ExpertPro и комбинированным кондуктометрическим датчиком серии InLab 730. Прибор имеет два интерфейса и позволяет одновременно измерять pH и УЭП. Оба датчика крепятся в одном держателе и одновременно погружаются в исследуемый раствор. Диапазон измерений pH составляет от 0,01 до 13,99 ед. pH с границами погрешностей ±0,002 ед. pH. Диапазон измерений УЭП составляет от 0,01 до 1000 мкСм/см с границами погрешностей ±0,5 % от измеренного значения. Прибор имеет свидетельство о поверке.

- Электронные весы модель Scout фирмы Ohaus Corporation.
- Магнитная мешалка.
- Стекланные бюксы с крышками емкостью 50 мл.

Выполнение определения

Для каждого контрольного образца брали 2 бюкса, помещали в каждый бюкс

² ГОСТ Р ИСО 5725-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений.

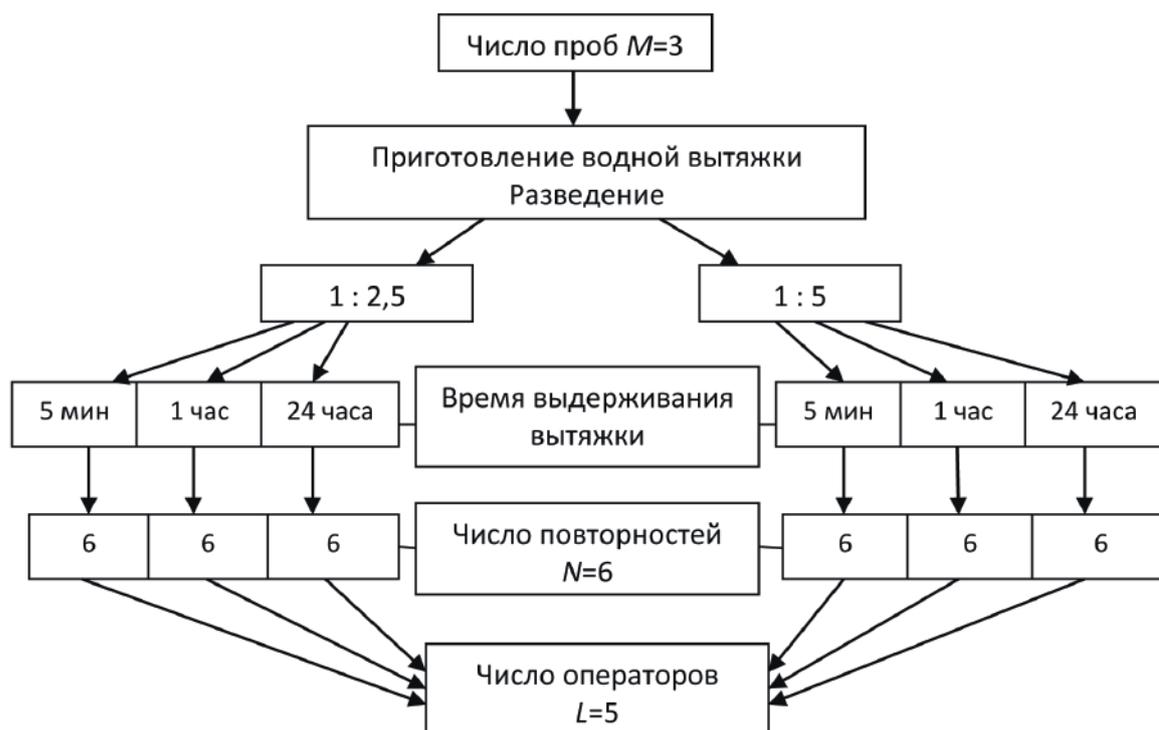


Рис. 1. Схема эксперимента
Fig. 1. Flowchart of the experiment

навеску пробы 6 г, взятую с точностью до 0,01 г.

При разведении 1 : 5 к каждой пробе приливали в один из бюксов 30 мл дистиллированной воды (соотношение проба/вода 1 : 5). Взбалтывали смесь на магнитной мешалке в течение 3 мин. Получившуюся водную вытяжку выдерживали при комнатной температуре последовательно в течение 5 мин, 1 часа, 24 часов и измеряли рН и УЭП соответственно через 5 мин, 1 час, 24 часа после выдерживания.

При разведении 1 : 2,5 к каждой пробе приливали в другой бюкс 15 мл дистиллированной воды (соотношение проба/вода 1 : 2,5). Далее поступали аналогичным образом, как и при разведении 1 : 5.

Перед началом измерений рН-метр/кондуктометр калибровали по стандартным растворам: для рН-электрода со значениями 4,01; 7,00 и 10,01 ед. рН, для кондуктометрического датчика – со значениями удельной электрической проводимости 5, 84 и 1413 мкСм/см при введенном в память прибора значении константы $CC=0,55 \text{ см}^{-1}$.

Результаты и обсуждение

По окончании эксперимента для каждой пробы в каждом из вариантов условий анализа было получено по 30 определений,

которые были статистически обработаны. Для расчетов использовали статистические функции программы Excel 5.0.

Статистическая обработка результатов включала следующие этапы.

1. Параллельные результаты определений, полученные каждым оператором, для каждой пробы для всех вариантов условий анализа проверили на наличие грубых ошибок или промахов при помощи размаха варьирования и по критерию Граббса и исключили выбросы.

2. Для каждого оператора рассчитали x_{mi} – средний результат и S_{mi} –среднеквадратическое отклонение (СКО) единичного результата от среднего. Для каждой пробы получили по пять средних результатов измерений и по пять значений СКО во всех вариантах условий анализа.

3. Предполагая, что дисперсии результатов единичных анализов, полученных разными операторами (в разных лабораториях), различаются незначительно и что допустимо установить одно общее среднее значение дисперсии для всех лабораторий, оценили однородность дисперсии S_{mi}^2 по критерию Кохрена. Исключили результаты, для которых $G_{max} > G_{табл}$.

4. Не исключенные из расчетов значения x_{mi} и S_{mi}^2 использовали для расчета

Таблица 2. Принятые опорные значения ед. рН±U при P=0,95
Table 2. Adopted reference values of pH±U at P=0,95

Разведение 1 : 2,5			Разведение 1 : 5		
Время выдерживания					
5 мин	1 час	24 час	5 мин	1 час	24 час
подзол					
4,14±0,07	4,13±0,07	4,08±0,06	4,30±0,09	4,32±0,07	4,22±0,07
дерново-подзолистая					
5,87±0,06	5,93±0,12	6,09±0,10	6,01±0,06	6,09±0,11	6,16±0,08
чернозем					
7,50±0,12	7,51±0,07	7,06±0,14	7,78±0,09	7,79±0,12	7,19±0,15

общего среднего результата и характеристик прецизионности (повторяемости и воспроизводимости) по известным формулам³ [1].

5. При оценке **точности результата измерения или неопределенности** полученных общих средних значений рН и УЭП в выбранных контрольных объектах почвенно-геологического происхождения учитывали, что систематическая инструментальная погрешность измерения незначима.

Принимали суммарную неопределенность (u_c) равной СКО воспроизводимости определений ($S_{R,m}$), а при расчете расширенной неопределенности (U) – коэффициент охвата равным 2 при P = 0,95.

В соответствии с ГОСТ 26423-85 **допускаемые отклонения при P = 0,95 от среднего результата повторных анализов составляют ±0,20 ед. рН.**

Установлено, что СКО воспроизводимости определений рН во всех условиях приготовления водной вытяжки для всех контрольных проб не превышает допустимого значения. Следовательно, найденные общие средние значения рН могут счи-

³ РМГ 61-2010 ГСИ. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки.

Таблица 3. Принятые опорные значения УЭП ±Uв мкСм/см при P=0,95*
Table 3. Adopted reference values of SC ±U_v μS/cm at P=0,95*

Разведение 1 : 2,5			Разведение 1 : 5		
Время выдерживания					
5 мин	1 час	24 час	5 мин	1 час	24 час
подзол					
55,1±5,6 (10,2 %)	61,4±10,8 (17,6 %)	72,0±13,0 (18,0 %)	<50	<50	<50
дерново-подзолистая					
120,1±4,8 (4,0 %)	124,8±8,8 (7,0 %)	145,8±26,0 (17,8 %)	71,4 ±5,2 (7,2 %)	75,3±7,4 (9,8 %)	84,4±12,6 (15,0 %)
чернозем					
503±24 (4,8 %)	486±43 (8,8 %)	500±15 (3,0 %)	264±11 (4,2 %)	266±12 (4,6 %)	282±14 (4,8 %)

* в скобках дана расширенная неопределенность в относительных процентах

Таблица 4. Установленные общие средние значения pH в контрольных образцах через год и принятые опорные значения ед. pH±U при P=0,95

Table 4. Established overall mean values of pH in control samples a year later and adopted reference values of pH±U at P=0,95

Параметр	Разведение 1 : 2,5		Разведение 1 : 5	
	Время выдерживания			
	5 мин	1 час	5 мин	1 час
подзол				
Общее среднее	4,09	4,05	4,22	4,23
Принятые опорные значения	4,14±0,07	4,13±0,07	4,30±0,09	4,32±0,07
дерново-подзолистая				
Общее среднее	5,87	5,88	5,99	6,03
Принятые опорные значения	5,87±0,06	5,93±0,12	6,01±0,06	6,09±0,11
чернозем				
Общее среднее	7,47	7,54	7,72	7,72
Принятые опорные значения	7,50±0,12	7,51±0,07	7,78±0,09	7,79±0,12

таться принятыми опорными значениями (табл. 2).

В соответствии с ГОСТ 17.5.4.01-84 при определении УЭП **допускаемые отклонения при P = 0,95 от среднего результата повторных анализов составляют 11 % отн. для УЭП до 300 мкСм/см и 7 % отн. для УЭП больше 300 мкСм/см.**

Установлено, что при значениях УЭП более 50 мкСм/см СКО воспроизводимости не превышают, а для УЭП меньше 50 мкСм/см существенно превышают допустимые отклонения. Это указывает на ограничения методики по интервалу определяемых значений УЭП. Найденные общие средние значения УЭП могут быть приняты в качестве опорных только при значениях УЭП более 50 мкСм/см (табл. 3).

Для унификации условий приготовления водной вытяжки провели сравнение опорных значений, полученных при разных разведениях и времени выдерживания.

Выбор разведения водной вытяжки

Разное разведение вытяжки создает разную концентрацию определяемого компонента в растворе. Общепринятым для определения pH и УЭП является разведение 1 : 5. При определении в той же вытяжке низких содержаний других компонентов, а также при анализе щелочных почвенных проб или проб с низкими значениями УЭП эксперт вынужден уменьшать степень разведения.

При уменьшении разведения в два раза (1 : 2,5) концентрация солей и значения УЭП теоретически должны увеличиться в два раза, а значения pH – уменьшиться на 0,30 ед. ($\lg 2 = 0,301$). Однако при любом времени выдерживания для всех трех образцов как для pH, так и для УЭП полученное смещение за счет разведения было меньше, чем соответствующие теоретические значения. Вероятно, это связано с буферирующими свойствами почв, что не позволяет вводить теоретическую поправку на разбавление пробы за счет разведения. Установлено, что в среднем для всех контрольных образцов при разведении 1 : 2,5 значения УЭП больше в 1,8 раза, а значения pH – меньше на 0,20 ед. Поэтому при переходе к стандартному разведению 1 : 5 результаты определения УЭП надо уменьшить в 1,8 раза, а pH увеличить на 0,20 ед.

Выбор времени выдерживания

Как видно из данных таблиц 2 и 3, для одной и той же пробы при обоих разведениях опорные значения pH и УЭП при времени выдерживания 5 мин и 1 час достаточно близки, но существенно, значимо отличаются от значений, полученных после суточной выдержки. Можно предположить, что с течением времени изменяется подвижность ионов и состояние равновесия на границе фаз почва/вода, что приводит к вариациям значений показателей. Поэтому не

Таблица 5. Установленные общие средние значения УЭП в контрольных образцах через год и принятые опорные значения УЭП $\pm U_v$ мкСм/см при $P = 0,95$

Table 5. Established overall mean values of SC in control samples a year later and adopted reference values of SC $\pm U_v$ $\mu S/cm$ at $P = 0,95$

Параметр	Разведение 1 : 2,5		Разведение 1 : 5	
	Время выдерживания			
	5 мин	1 час	5 мин	1 час
подзол				
Общее среднее	56,2	65,5	–	–
Принятые опорные значения	55,1 \pm 5,6	61,4 \pm 10,8	–	–
дерново-подзолистая				
Общее среднее	119,4	125,2	67,9	74,4
Принятые опорные значения	120,1 \pm 4,8	124,8 \pm 8,8	71,4 \pm 5,2	75,3 \pm 7,4
чернозем				
Общее среднее	516	504	269	271
Принятые опорные значения	503 \pm 24	486 \pm 43	264 \pm 11	266 \pm 12

рекомендовано в дальнейшем выдерживать пробы 24 часа.

Для оценки значимости различий опорных значений при времени выдерживания 5 мин и 1 час можно воспользоваться *t*-критерием. Общий подход [2] заключается в следующем: для двух средних значений x_1 и x_2 двух независимых серий с числом измерений n_1 и n_2 вычисляют средневзвешенную дисперсию s для разности этих средних значений. Затем рассчитывают *t*-критерий по формуле:

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{s} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}}$$

Для оценки значимости смещения двух средних сравнивают найденное значение *t*-критерия с табличным значением $t_{табл}$ при доверительной вероятности 0,95 и числе степеней свободы:

$$f = n_1 + n_2 - 2.$$

Если рассчитанный критерий меньше табличного, средние значения различаются незначимо, и наоборот.

На основании выполненных расчетов авторы пришли к выводу, что общие средние значения величин рН и УЭП практически

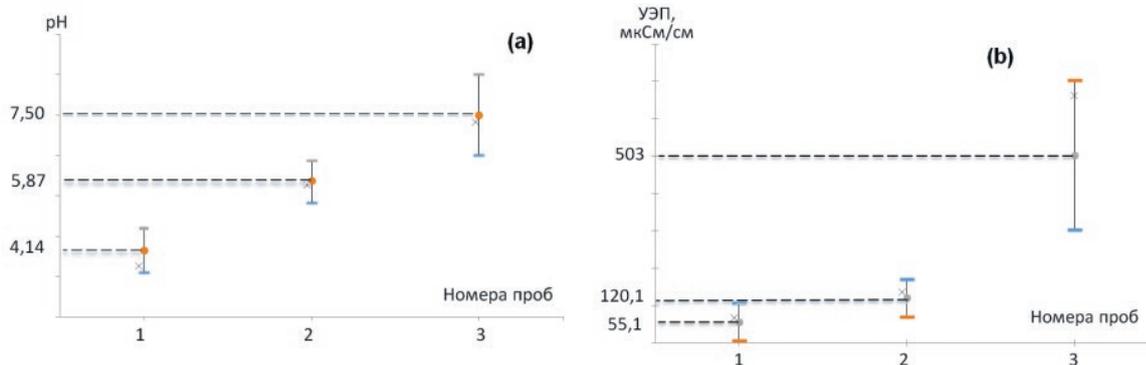


Рис. 2. Принятые опорные значения рН (а) и УЭП (б) с интервалом неопределенности и значения этих показателей, определенные через год. Пробы: 1 – подзол, 2 – дерново-подзолистая, 3 – чернозем. Условия анализа: разведение 1 : 2,5; время выдерживания – 5 мин; о – принятые опорные значения, x – значения, определенные через год

Fig. 2. Adopted reference values of pH (a) and SC (b) with the uncertainty interval, and the values of these parameters obtained a year later. Samples: 1 – podzol, 2 – humic podzol, 3 – chernozem. Analysis conditions: dilution 1 : 2.5; holding time – 5 min; o – adopted reference values, x – values obtained a year later

Таблица 6. Протокол валидации методики «Определение pH и удельной электропроводности (УЭП) в водной вытяжке из объектов почвенно-геологического происхождения»
Table 6. Protocol for validation of the method «Determining pH and specific electrical conductance in aqueous extracts from objects of geological and soil evidence»

Методика определений	Количественное определение pH и УЭП в водной вытяжке из почв
Разработчик	ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России
Спецификация судебно-экспертной методики	Количественное определение pH и УЭП в водной вытяжке из почв при производстве судебно-экологической экспертизы, унифицированное по способу приготовления вытяжки
Матрица (мешающие компоненты)	Отсутствуют
Методика выполнения определений	Потенциометрическое определение pH и УЭП на комбинированном pH-метре/кондуктометре Mettler Toledo «SevenMulti»
Калибровка	По стандартным растворам: для pH-электрода со значениями pH 4,01, 7,00 и 10,01; для кондуктометрического датчика со значениями УЭП 5, 84 и 1413 мкСм/см
Рабочий диапазон	Для pH 0,01–13,99 ед. pH Для УЭП 0,01–1000 мкСм/см
Нижний предел определения	Для pH 4,00 ед. pH Для УЭП 50 мкСм/см
Селективность	Высокая
Прослеживаемость	Выполнен анализ контрольных образцов с принятыми опорными значениями
Неопределенность	Приведена в таблицах 2 и 3
Вывод	Унифицированная методика «Определение pH и УЭП в водной вытяжке из объектов почвенно-геологического происхождения» является пригодной для судебно-экологического исследования антропогенно загрязненных почв с воспроизводимостью, не хуже нормированной, и установленной неопределенностью при P=95 %.

не различаются при времени выдерживания вытяжки в течение 5 мин и 1 часа. Поэтому время выдерживания вытяжки до измерения можно варьировать от 5 мин до 1 часа.

Спустя один год методика определения pH и УЭП в выбранных контрольных образцах была повторно валидирована. Участвовали пять операторов, каждый из которых выполнил по 4 параллельных определения pH и УЭП при 2 разведениях и 2

временах выдерживания вытяжки. Результаты представлены в табл. 4 и 5.

Как видно по данным таблиц 4 и 5, спустя год общие средние значения pH и УЭП, определенные разными операторами, близки к принятым опорным значениям. Это наглядно представлено на рис. 2: найденные средние значения pH и УЭП находятся в пределах интервала неопределенности принятых опорных значений.

Обобщенные результаты валидации представлены ниже в виде протокола (табл. 6).

Заключение

Результаты многопланового эксперимента, а также проведенная статистическая обработка результатов определений свидетельствуют об устойчивости свойств контрольных образцов и надежности использованной унифицированной методики.

Валидационный эксперимент подтверждает пригодность унифицированной методики для использования при производстве судебно-экологической экспертизы объектов почвенно-геологического происхождения и возможность замены стандартных образцов отобранными контрольными образцами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнова С.А., Омелянюк Г.Г., Бебешко Г.И., Юдин Н.В. Опыт валидации методики измерений «Определение кон-

центрации бенз(а)пирена в объектах почвенно-геологического происхождения методом ВЭЖХ с флюориметрическим детектированием» для производства судебных эколого-почвоведческих экспертиз // Теория и практика судебной экспертизы. – 2012. – № 3 (27). – С. 78–91.

2. Дёрфель К. Статистика в аналитической химии – М.: Мир, 1994. – 268 с.

REFERENCES

1. Smirnova S., Omelyanyuk G., Bebeshko G., Yudin N. The experience of validation measurement method “the definition of benzo(a)pyrene concentration in the objects of soil and geological origin by means of HPLC fluorimetry detecting method conducting soil forensic expert examination. *Theory and Practice of Forensic Science*. 2012. No 3(27). P. 78–91. (In Russ.).
2. Derfel' K. *Statistics in analytical chemistry*. Moscow: Mir, 1994. 268 p. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Бибешко Галина Ивановна – д. т. н., главный научный сотрудник отдела научно-методического обеспечения производства судебной экспертизы в системе СЭУ Минюста России; e-mail: 109382@mail.ru;

Омелянюк Георгий Георгиевич – д. ю. н., доцент, заместитель директора ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России, профессор кафедры судебно-экспертной деятельности Юридического института ФГАОУ ВО РУДН; e-mail: g.omelyanyuk@sudexpert.ru;

Никулина Марина Вячеславовна – к. б. н., ведущий научный сотрудник отдела организационно-правового и информационного обеспечения производства экспертиз ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России; e-mail: journal@sudexpert.ru;

Валитова Алсу Рафисовна – к. б. н., заместитель заведующего учебно-методическим отделом ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России; e-mail: alsu_v@inbox.ru.

ABOUT THE AUTHORS:

Bebeshko Galina Ivanovna – Doctor of Engineering, Principal Researcher, Department of Research Methodology Support in the System of Forensic Science Institutions of the Russian Ministry of Justice; e-mail: 109382@mail.ru;

Omel'yanyuk Georgii Georgievich – Doctor of Law, Associate Professor, Deputy Director of RFCFS of the Russian Ministry of Justice, Professor of the Department of Forensic Operations, Institute of Law, RUDN University; e-mail: g.omelyanyuk@sudexpert.ru;

Nikulina Marina Vyacheslavovna – Candidate of Biology, Leading Researcher, Department of Legal and Information Support of Forensic Operations, RFCFS of the Ministry of Justice of the Russian Federation; e-mail: journal@sudexpert.ru;

Valitova Alsu Rafisovna – Candidate of Biology, Deputy Head of Educational Methodology Department of the RFCFS of the Ministry of Justice of the Russian Federation; e-mail: alsu_v@inbox.ru.