

### МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ АМИНОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Нгуен Кхань Зуй, аспирант

*Астраханский государственный университет,  
тел.: (8512) 44-00-96-(129); e-mail: nkduysptn@gmail.com*

Рецензент: Алыков Н.М.

Дан обзор по методам определения ароматических аминов из окружающей среды. Основным методом идентификации и количественного определения ароматических аминов является хроматография в самых различных вариантах.

A review on methods for determination of aromatic amines from the environment has been done. The main method of identification and quantification of optical definition of aromatic amines is chromatography in various options.

*Ключевые слова:* ароматические амины, хроматография, отходы буровых работ.  
*Key words:* aromatic amines, chromatography, drilling waste.

В объектах окружающей среды находится большое количество органических соединений как антропогенного, так и природного происхождения, многие из которых имеют высокую канцерогенность и мутагенность, устойчивы к химическому и биологическому разложению и способны накапливаться в живых организмах [3]. Одним из них являются ароматические амины (АА). Вследствие высокой токсичности ароматические амины относят к группе приоритетных загрязнителей окружающей среды, содержание которых в атмосфере и водах различных типов регламентировано ПДК. Источниками их поступления в атмосферу и природные воды являются разовые выбросы промышленных предприятий из-за нарушения технологических процессов и аварий, сточные воды химических предприятий, метаболизм пестицидов, выбросы автотранспорта. Необходимость постоянного контроля их содержания в различных объектах окружающей среды предъявляют повышенные требования к методикам определения этих соединений.

Основной метод идентификации и количественного определения ароматических аминов – это хроматография в самых различных вариантах. Это, прежде всего, высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), газовая хроматография (ГХ), тонкослойная хроматография (ТСХ), наконец, бумажная хроматография (БХ). Кроме этого, в настоящее время и эти основные виды хроматографии имеют различные варианты, например, ВЭЖХ с обращенными фазами, ТСХ высокого давления, сочетание ВЭЖХ с масс-спектрометрией, использование ВЭЖХ в сочетании со спектроскопией диффузного отражения и производной спектроскопии [1, 8].

Хроматография – это метод определения, разделения, анализа и физико-химического исследования смесей веществ. Основан на распределении веществ между двумя фазами – неподвижной (твердая фаза или жидкость, связанная на инертном носителе) и подвижной (газовая или жидкая фаза, элюент).

Компоненты анализируемой смеси (сорбаты) вместе с подвижной фазой передвигаются вдоль стационарной фазы. Ее обычно помещают в стеклянную или металлическую трубку, называемую колонкой. В зависимости от

силы взаимодействия с поверхностью сорбента (за счет адсорбции (поглощения) или по какому-либо другому механизму) компоненты будут перемещаться вдоль колонки с разной скоростью. Одни компоненты останутся в верхнем слое сорбента, другие, в меньшей степени взаимодействующие с сорбентом, окажутся в нижней части колонки, а некоторые и вовсе покинут колонку вместе с подвижной фазой (такие компоненты называются неудаерживаемыми, а время их удерживания определяет «мертвое время» колонки). Таким образом, происходит быстрое разделение сложных смесей компонентов. Ниже рассматриваются некоторые типичные хроматографические методы.

*Высокоэффективная жидкостная хроматография* – один из эффективных методов разделения и определения сложных смесей веществ, широко применяемый как в аналитической химии, так и в химической технологии. Основой хроматографического разделения является участие компонентов разделяемой смеси в сложной системе Ван-дер-Ваальсовых взаимодействий (преимущественно межмолекулярных) на границе раздела фаз. Как способ анализа, ВЭЖХ входит в состав группы методов, которая, ввиду сложности исследуемых объектов, включает предварительное разделение исходной сложной смеси на относительно простые. Полученные простые смеси анализируются затем обычными физико-химическими методами или специальными методами, созданными для хроматографии.

Отличительной особенностью ВЭЖХ является использование высокого давления (до 400 бар) и мелкозернистых сорбентов (обычно 3–5 мкм, сейчас – до 1,8 мкм). Это позволяет разделять сложные смеси веществ быстро и полно (среднее время анализа от 3 до 30 мин.).

Метод ВЭЖХ находит широкое применение в таких областях, как химия, нефтехимия, биология, биотехнология, медицина, пищевая промышленность, охрана окружающей среды, производство лекарственных препаратов и во многих других. Метод ВЭЖХ считается наиболее важным в аналитической химии АА [21], в анализе пищевых продуктов и в клинической химии. Теоретические основы ВЭЖХ подробно изложены [10]. В отличие от газожидкостной хроматографии, этот метод пригоден и для определения термически нестойких, нелетучих и очень полярных ароматических аминов. Теоретически ВЭЖХ имеет много преимуществ, а ее недостаток заключается в отсутствии универсальных детекторов типа пламенно-ионизационных [19].

Для наиболее эффективного хроматографического разделения теоретически идеальной является колонка диаметром несколько миллиметров, но практическое применение таких капиллярных колонок связано с очень большими трудностями. К идеальному варианту приближаются колонки внутренним диаметром 1–2 мм, позволяющие разделять 100 пг образца, содержащегося в 1 мкл раствора, на подвижной фазе диаметром частиц 10 мкм. Недостаток этого метода в том, что применять данные колонки возможно в тех случаях, когда доступно только очень небольшое количество образца, когда необходимо добиться максимальной чувствительности или когда подвижная фаза очень дорога. Также очень важно предохранять дорогие колонки от загрязнений, для чего обычно применяют специальные фильтрующие патроны.

Применение метода ВЭЖХ для разделения и концентрирования АА из объектов окружающей среды связано с некоторыми техническими трудностями. Обычно следовой компонент АА экстрагируют из твердой матрицы и экстракт затем упаривают (или переводят в другой растворитель). Операции разделения и обогащения включают, как правило, также жидкостную экстракцию

и очистку хроматографическими методами; только после этого образец подвергают ВЭЖХ с целью определения содержания анализируемого вещества.

Приблизительно десятая часть всех работ по выделению следовых количеств АОС описывается с применением метода тонкослойной хроматографии, который можно сочетать практически с любыми другими методами разделения и идентификации. Наиболее эффективно этот метод работает в сочетании ВЭЖХ, такое сочетание позволяет избежать потерь в ходе эксперимента.

*Ионообменная хроматография.* В ионообменной хроматографии разделение компонентов смеси достигается за счет обратимого взаимодействия ионизирующихся веществ с ионными группами сорбента. Сохранение электронейтральности сорбента обеспечивается наличием способных к ионному обмену противоионов, расположенных в непосредственной близости к поверхности. Ион введенного образца, взаимодействуя с фиксированным зарядом сорбента, обменивается с противоионом. Вещества, имеющие разное сродство к фиксированному зарядом, разделяются на анионитах или на катионитах. Аниониты имеют на поверхности положительно заряженные группы и сорбируют из подвижной фазы анионы. Катиониты соответственно содержат группы с отрицательным зарядом, взаимодействующие с катионами. На процесс сорбции оказывают влияние и другие ионы, главным образом  $H^+$ .

Ионообменную хроматографию широко применяют в медицине, биологии, биохимии, для контроля окружающей среды, при анализе содержания лекарств и их метаболитов в крови и моче, ядохимикатов в пищевом сырье, а также для разделения неорганических соединений, в том числе радиоизотопов, лантаноидов, актиноидов и др. Разделение конкретных веществ зависит, в первую очередь, от выбора наиболее подходящего сорбента и подвижной фазы. В качестве неподвижных фаз в ионообменной хроматографии применяют ионообменные смолы и силикагели с привитыми ионогенными группами.

Ионообменная хроматография в общем случае является наименее ценным, с точки зрения получения качественных и количественных данных, методом хроматографического анализа. Отсутствие детектора на выходе из колонки, т.е. невозможность непрерывного определения состава элюата, делает невозможным идентификацию по характеристикам удерживания. Использование ионообменной хроматографии целесообразно для концентрирования смеси, содержащей АОС.

*Тонкослойная хроматография (ТСХ).* Вариант хроматографии, основанный на различии в скорости перемещения компонентов смеси в плоском тонком слое (толщина – 0,1–0,5 мм) сорбента при их движении в потоке подвижной фазы (элюента). Последняя представляет собой, как правило, жидкость, однако осуществлен и газовый вариант тонкослойной хроматографии. В качестве сорбентов используют мелкозернистые силикагель,  $Al_2O_3$ , целлюлозу, крахмал, полиамид, иониты и др. Суспензиями этих сорбентов покрывают пластинки из стекла, фольги или пластика; для закрепления слоя применяют крахмал, гипс или другие связующие. Выпускаются готовые пластинки с уже закрепленным слоем сорбента. Элюентами служат обычно смеси органических растворителей, водных растворов кислот, солей, комплексообразующих и других веществ.

В зависимости от положения пластинки и направления потока элюента различают восходящую, нисходящую и горизонтальную тонкослойную хроматографию. По технике работы выделяют фронтальный анализ (когда под-

вижной фазой служит анализируемая смесь) и обычно используемый элюционный вариант.

Одним из основных показателей в ТСХ является показатель  $R_f$ . Этот параметр является аналогией времени удерживания и зависит как от свойств разделяемых веществ, состава подвижной фазы и сорбента, так и от физических параметров.

Определение значения  $R_f$  проводят как отношение расстояния прошедшего веществом к расстоянию, прошедшего фронтом растворителя:

$$R_f = L/L_0$$

На значение  $R_f$  не влияет расстояние, пройденное фронтом растворителя, однако во многих методиках описывается прохождение фронта на расстояние 10 см. Это используется только для облегчения расчетов  $R_f$  [7].

Тонкослойная хроматография применяется для разделения и анализа как органических, так и неорганических веществ: практически всех неорганических катионов и многих анионов, в том числе близких по свойствам ионов благородных металлов, РЗЭ, а также полимеров, лекарственных средств, пестицидов, аминокислот, липидов, алкалоидов и т.д. С помощью метода тонкослойной хроматографии удобно анализировать микрообъекты (малые количества веществ), оценивать чистоту препаратов, контролировать технологические процессы и состав сточных вод, изучать поведение различных ионных форм элементов, предварительно подбирать условия для колоночной хроматографии [2].

С помощью методики [20] были определены значения  $R_f$  более чем для 60 ароматических аминов (целлюлоза, N, N-диметилформамид-вода (35:65)). При разделении изомеров их величины  $R_f$  изменяются от 0,17 до 0,81. Ароматические амины с электроотрицательными заместителями характеризуются высокими величинами  $R_f$  и легко отделяются от других аминов и циклических иминов. Можно ожидать отрицательного влияния аминов на разделение ПАУ и азааренов. Однако, используя хроматографическую колонку с  $Al_2O_3$ , можно удалить эти вещества [20].

Оксид алюминия, толуол-метанол (19:1). С помощью этой методики можно разделить смесь ароматических аминов с электроотрицательными заместителями, отделенными от других соединений.

Оксид алюминия, пентан, насыщенный анилином. С помощью этой методики разделяют амины и имины. Анилин гасит флуоресценцию ПАУ и азааренов. Поэтому амины и имины можно быстрее определить и оценить, используя эту методику [20].

*Жидкостная хроматография (ЖХ).* Принцип жидкостной хроматографии состоит в разделении компонентов смеси, основанный на различии в равновесном распределении их между двумя несмешивающимися фазами, одна из которых неподвижна, а другая подвижна.

Основные виды. По механизму удерживания разделяемых веществ неподвижной фазой жидкостная хроматография делится на осадочную хроматографию, адсорбционную, распределительную, ионообменную хроматографию (в т.ч. ионную хроматографию), ион-парную, лигандообменную хроматографию, эксклюзионную хроматографию (ситовую) и аффинную хроматографию (биоспецифическую).

Жидкостная хроматография – важнейший физико-химический метод исследования в химии, биологии, биохимии, медицине, биотехнологии. Ее используют для анализа, разделения, очистки и выделения аминокислот, пептидов, белков, ферментов, вирусов, нуклеотидов, нуклеиновых кислот, углево-

дов, липидов, гормонов и т.д.; изучения процессов метаболизма в живых организмах лекарственных препаратов; диагностики в медицине; анализа продуктов химического и нефтехимического синтеза, полупродуктов, красителей, топлив, смазок, нефтей, сточных вод; изучения изотерм сорбции из раствора, кинетики и селективности химических процессов. В химии высокомолекулярного соединения и в производстве полимеров с помощью жидкостной хроматографии анализируют качество мономеров, изучают молекулярно-массовое распределение и распределение по типам функциональности олигомеров и полимеров, что необходимо для контроля продукции. Жидкостную хроматографию используют также в парфюмерии, пищевой промышленности, для анализа загрязнений окружающей среды, в криминалистике [22].

Использование жидкостной хроматографии (ЖХ) в исследовании водных источников весьма эффективно. ЖХ используют как общий метод концентрирования при анализе микропримесей, когда прямой анализ органических компонентов в воде невозможен. Примерами методов концентрирования могут служить адсорбция на угле (АУ) и разделение с обращенной фазой. Например, с помощью АУ удалось выделить многие типы органических соединений из воды разных рек, в том числе и ароматические амины [18]. При больших концентрациях аминов (более 1 мг/л) их можно анализировать путем прямого ввода пробы в газохроматографическую колонку [9]. В водах озер, эстуариев и океана были найдены амины и аминокислоты в концентрациях порядка  $10^{-7}$  %. Аминокислоты и амины участвуют в процессах обмена веществ на всех уровнях. В работе [15] даны примеры жидкостно-хроматографических систем, пригодных для разделения аминов и аминокислот.

*Газовая хроматография* – разновидность хроматографии, метод разделения летучих компонентов, при котором подвижной фазой служит инертный газ (газ-носитель), протекающий через неподвижную фазу с большой поверхностью. В качестве подвижной фазы используют водород, гелий, азот, аргон, углекислый газ. Газ-носитель не реагирует с неподвижной фазой и разделяемыми веществами.

Газовая хроматография успешно применяется для разделения и количественного определения малых количеств ароматических аминов в сложных смесях. Она позволяет определять растворенные в воде ароматических аминов в микрограммовых и даже в пикограммовых количествах. Этим и объясняется широкое применение газовой хроматографии для определения качества воды. Идентификация и количественное определение содержания примесей и ароматических аминов в воде чрезвычайно важны для контроля качества воды и устранения источников ее загрязнения. Методом газовой хроматографии при правильном выборе колонки, детектора и условий разделения можно определить любые ароматические амины, которые испаряются без разложения или с воспроизводимым разложением. Мешающие определению вещества можно предварительно удалить с помощью жидкостно-жидкостной экстракции, жидкостной хроматографии, тонкослойной хроматографии или какого-либо другого метода.

Газохроматографическое определение аминов в водных растворах осложняется их сорбцией большинством газохроматографических насадок, что приводит к появлению «хвостов» у хроматографических пиков. Хорошие результаты часто дает покрытие твердого носителя кроме жидкой фазы гидроксидом калия, а также применение тефлона в качестве твердого носителя.

Газовая хроматография, будучи высокоэффективным и селективным методом, в состоянии использовать незначительные различия, как в летучести веществ, так и в их геометрической структуре, и, кроме того, обладает возможностью регулировать относительную летучесть разделяемых компонентов путем соответствующего подбора условий анализа. Газовая хроматография редко используется для определения АА, так как молекулы АА нельзя отнести к инертным, что вызывает резкий рост числа факторов, существенно влияющих на удержание и характер размывания зон [17].

Распространенность хроматографических методов определения обусловлена тем, что ароматические амины имеют специфические, по отношению к большому количеству веществ, скорости адсорбции, растворения, либо реакции с контрафазой, вследствие чего выбор способа хроматографирования не вызывает затруднений.

Две следующие группы методов – спектроскопические и электрохимические, имеют равное распространение. Среди спектроскопических методов используются: спектрофотометрический, спектроскопический комбинационного рассеяния (в том числе в сочетании с электрохимическим), ИК-спектроскопический, ИК-спектрометрический с преобразованием Фурье, хемолюменицентный [14].

Спектрофотометрия составляет чуть менее половины всех используемых спектроскопических методов.

Среди электрохимических методов выделяют: вольт-амперометрический (в том числе адсорбционный) дифференциальный импульсный инверсионный, квантово-волновой катодный инверсионный, полярографический [13].

Электрохимические методы в основном используются для определения АА в лекарственных препаратах, воздухе, табачном дыме.

Различные варианты вольтамперометрических методов применяются чаще других, основанных на электрохимической активности АОС.

Редко применяемые методы – различные методы определения, основанные на способности АА к флуоресценции.

Распространенным методом концентрирования является экстракция, благодаря присущей ей возможности отделения матрицы или выделения микрокомпонентов, простоте и экспрессности.

Экстракция легко поддается автоматизации. Недостаток метода – относительно невысокие значения коэффициентов концентрирования, которые можно повысить путем применения системы направленных воздействий на экстракционную систему, однако такое повышение не будет значительным.

Концентрирование АА на неорганических адсорбентах имеет перед ионным обменом на смолах то преимущество, что выделенные вещества не загрязняются посторонними органическими примесями. Опыты по адсорбции органических веществ, содержащихся в речной воде, показали [11], что окислы металлов ( $Al_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $PbO$ ,  $Fe_2O_3$ ) хорошо задерживают эти вещества с образованием соединений типа лаков. Однако дальнейшее выделение органических АА в чистом виде связано с такими же трудностями, как и в случае соосаждения их с гидроокисями. Довольно высока степень адсорбции на инфузорной земле, бетоните и карбонате кальция [11].

Было предложено несколько вариантов метода адсорбции органических АА на активированном угле с последующим элюированием их органическими растворителями. Принцип метода заключается в том, что пробу воды пропускают через колонку с активированным углем, который затем высушивают

и из него извлекают сорбированные вещества растворителем (хлороформом, диэтиловым эфиром, этанолом) в аппарате Сокслета. Полученный экстракт разделяют на фракции и исследуют их состав химическими методами. Объем пробы воды варьирует от десятков литров до сотен кубических метров при различной скорости прохождения ее через адсорбент.

Активированный уголь не извлекает полностью органические АА из большого объема воды. Даже при продолжительном контакте с водой (при медленном прохождении пробы через слой адсорбента) степень адсорбции невелика. Кроме того, не удается и элюировать полностью сорбированные вещества. Тем не менее метод адсорбции весьма перспективен при оценке загрязненности вод, а также для идентификации некоторых органических АА, содержащихся в воде в малых количествах. Применение адсорбции на угле с последующей экстракцией серным эфиром позволило выделить ароматические амины из речной воды [16].

Для определения аминов в пресных водах предложен метод, основанный на реакции с бромкрезоловым пурпурным [5]. Амины отгоняются из подщелоченной пробы с водяным паром на установке Кьельдаля в приемник с раствором соляной кислоты. Раствор выпаривают, проводят реакцию при  $\text{pH} = 3,5$  и одновременно экстрагируют окрашенное соединение хлороформом, измеряют оптическую плотность при длине волны 410 мкм. Существенным недостатком является довольно продолжительная отгонка аминов. Поэтому целесообразнее заменить ее диффузией в герметичных склянках [9]. Состав аминов может быть определен методом ГЖХ. В одном из его вариантов, предложенном для раздельного определения аминов в природных водах [6], в качестве твердого носителя в хроматографической колонке была использована зикеевская земля, обработанная раствором едкого калия в метаноле, а в качестве жидкой фазы – диоктилфталат (18 % от веса носителя). Разделение проводили на пламенно-ионизационном хроматографе при температуре колонки  $120^{\circ}\text{C}$ . Пики на хроматограмме идентифицировали на основании величин удерживаемых объемов по отношению к диэтиленамину.

Главными требованиями, предъявляемыми к методам определения АА, являются высокая чувствительность, селективность и экспрессность.

Перспектива разработки новых, более эффективных методов определения АА в различных объектах связана с методиками предварительного их концентрирования и выбором сорбента, обладающего оптимальными характеристиками.

Нами разработан метод определения ароматических аминов сорбентом, полученным из отходов буровых работ (ОБР-1).

Отходы бурения в Каспийском море – радиационно-безопасный продукт (имеется санитарно-эпидемиологическое заключение отдела надзора за радиационной безопасностью Центра гигиены и эпидемиологии в г. Санкт-Петербурге, протокол № 1864/06 от 01.11.2006 г.).

Суммарная удельная эффективная активность составляет  $78 \pm 10$  Бк/кг при норме 370 Бк/кг.

Содержание основных компонентов в отходах (в схватившихся, т.е. при 3-хдневном хранении), %:  $\text{SiO}_2$  – 39,88;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 7,78;  $\text{CaCO}_3$  – 15,01;  $\text{H}_2\text{O}$  – 27,45; соли – до 10.

Однако отходы содержат, вместе с диоксидом кремния, каолином, карбонатом кальция и некоторыми другими оксидами, также значительное количество хлорида натрия. Отходы также содержат соли железа, цинка, кадмия и др. Результаты определения компонентов в отходах приводятся в таблице 1.

Таблица 1

**Содержание компонентов в отходах буровых работ**

| Определяемые показатели   | Нормативное содержание в грунтах и почвах, сельхозугодий и материалах, используемых при производстве строительных материалов Сан-Пин 2.1.7.573-96 | Результаты исследований шести образцов. Первая цифра – наименьшее, вторая – наибольшее содержание |
|---|---|---|
| рН солевой вытяжки, ед. рН  | 6,0–9,7   | 8,5–8,8   |
| Нефтепродукты, мг/кг  | 10,0  | 0,50–0,95   |
| СПАВ, мг/кг   | 5,0   | 0,05–1,2  |
| Хлориды, мг/кг  | ~ 1500 (для песка)  | 25000–38000   |
| Сульфаты, мг/кг   | 10000 (песок, бетон)  | 790–950   |
| Фосфаты, мг/кг  | не нормировано  | 10,0–15,0   |
| Сухой остаток после извлечения солей водой и упаривания воды, мг/кг |   | 45000–60000   |
| Железо подвижное, мг/кг   | 10,0  | 5,0–6,5   |
| Цинк подвижный, мг/кг   | не более 23,0   | 1,4–2,9   |
| Свинец подвижный, мг/кг   | не более 32,0   | 0,10–0,15   |
| Кадмий подвижный, мг/кг   | не более 1,0  | 0,005–0,01  |
| Ртуть общая, мг/кг  | не более 2,1  | 0,003–0,005   |
| Никель подвижный, мг/кг   | 1,0   | 0,035–0,040   |
| Марганец подвижный, мг/кг   | 2,0   | 1,0–5,0   |
| Мышьяк, мг/кг   | не более 0,05   | 0,045–0,050   |
| Хром подвижный, мг/кг   | 0,05  | 0,01–0,02   |
| Медь подвижная, мг/кг   | 3,0   | 0,25–0,35   |

С использованием стандартных методик были изучены основные адсорбционно-структурные и физико-механические характеристики полученного сорбента: определение пористости сорбента по ацетону, суммарного объема пор сорбента по воде, содержания влаги в сорбенте и рН водной суспензии сорбента, удельная поверхность, насыпная плотность, истираемость и измельчаемость.

**Библиографический список**

1. *Алыков Н. М.* Аналитическая химия объектов окружающей среды : уч. пос. / Н. М. Алыков, Т. В. Алыкова. – Астрахань : Изд-во Астрахан. гос. пед. ун-та, 2000.
2. *Березкин В. Г.* Количественная тонкослойная хроматография. Инструментальные методы / В. Г. Березкин, А. С. Бочков. – М., 1980.
3. *Грушко Я. М.* Вредные органические соединения в промышленных сточных водах / Я. М. Грушко. – Л. : Химия, 1982. – 215 с.
4. *Измайлов Н. А.* Хроматография, ее теория и применение / Н. А. Измайлов // Труды Всесоюзного совещания по хроматографии. – М., 1960. – С. 83–90.
5. *Немцева Л. И.* Микроопределение летучих с водяным паром аминов в природных водах / Л. И. Немцева, А. Д. Семенов, В. Г. Дацко // Журнал аналитической химии. – 1964. – Т. 19, № 3. – С. 125–129.
6. *Немцева Л. И.* Определение состава летучих аминов в природных водах методом газожидкостной хроматографии / Л. И. Немцева, А. П. Пашанова, Т. С. Кишкинова, А. Д. Семенов // Гидрохимические материалы. – М., 1966. – Т. 41. – С. 165–176.



7. *Ольшанова К. М.* Практикум по хроматографическому анализу / К. М. Ольшанова. – М. : Высшая школа, 1970. – 312 с.
8. *Основы аналитической химии* / под ред. Ю. А. Золотова. – М. : Высшая школа, 1999.
9. *Семенов А. Д.* Методы раздельного определения органических кислот и аминов в подземных водах / А. Д. Семенов, И. А. Гончарова, Л. И. Немцева, А. Г. Страдомская, А. П. Пашанова, А. Н. Хоменко // Органическое вещество подземных вод нефтегазоносных областей и значение его изучения для целей нефтяной геологии : тез. докл. науч.-технич. конф. – М. : ОНТИ ВНИИ, 1965. – С. 45–47.
10. *Сычев С. Н.* Высокоэффективная жидкостная хроматография как метод определения фальсификации и безопасности продукции / С.Н. Сычев, В. А. Гаврилина, Р. С. Музалевская. – М. : ДеЛи, 2005. – 147 с.
11. *Шевченко М. А.* Хроматографическое разделение окрашенных органических веществ, содержащихся в природных водах / М. А. Шевченко, И. Т. Гороновский, Л. Б. Забарилло // Интенсификация и автоматизация процессов регулирования качества воды. – Киев, 1962. – С. 95–102.
12. *Baker R. A.* Gas chromatographic definition amines / R. A. Baker // J. Amer. Water Works Assoc. – 1966. – № 58. – P. 751.
13. *Beyer M. G.* Determination amines / M. G. Beyer // Z. Lebensm. Unters. Forsch. – 1981. – № 173. – P. 368.
14. *Hasebe K.* Spectroscopic methods of definition amines / K. Hasebe, J. Osteryoung // Talanta. – 1982. – № 29. – P. 655.
15. *Hedric C. E.* Liquid chromatographic systems for division amines and amino acids / C. E. Hedric // Anal. Chem. – 1965. – № 37. – P. 1044.
16. *Hoiluta J.* Organische Extractstoffe in oberflachen wassern und deren Bedeutung fur die Trinkwassersorgung / J. Hoiluta // Dargestellt am Beispiel des Rheins. Forsch und Fortschr. – 1964. – Bd. 38, № 6. – P. 85–89.
17. *Kissinger P.* Determination amines / P. Kissinger // Analytical Challenges. – 1978. – № 15. – P. 1214–1219.
18. *Middleton F.* Allocation aromatic amines from water of the different rivers / F. Middleton, Lichtenberg // Ind. Eng. Chem. – 1960. – № 52. – P. 99–102.
19. *Rits T.* Theoretical bases highly effective liquid chromatography / T. Rits, W. Herzog // Mitt. Geb. Lebensmittelunters. Hyg. – 1982. – № 73. – P. 88.
20. *Sawicki E.* Division aromatic amines with the inverted phase / E. Sawicki, H. Johoncon // Microchim. Acta. – 1964. – Vol. 2, № 4. – P. 435–438.
21. *Thornburg W.* Method highly effective liquid chromatography in analytical chemistry / W. Thornburg // Anal. chem. – 1979. – № 51. – P. 196.
22. *Unger K. K.* Porous silica. Its properties and use as support in column liquid chromatography / K. K. Unger // Journal of Chromatography Library. – 1979. – № 3.

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНТРОПОСОЦИОЯДЕРНЫЙ ФЕНОМЕН

**Е.В. Комлева, научный сотрудник**

*Дортмундский технический университет, Дортмунд, Германия,  
тел.: 8(8512) 44-00-95; e-mail: komleva\_ap@mail.ru*

Рецензент: Серебряков А.О.

Выполнены пионерные для России комплексные исследования антропосоциальной компоненты феномена ядерной энергии, без которого жизнь на Земле исключена. Исследования доведены до прагматичного образа SAMPO.

Complex pioneer for Russia research on the anthro-social component of the phenomenon of nuclear energy being vitally important for life on the Earth has been carried out in the article. The research has been led to the pragmatic image of SAMPO.