

## ПРОБЛЕМА БЕЗОПАСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАНОЛА В ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ЭКСПЕРТИЗА И ИННОВАЦИИ

**Р.В. Галиулин**, вед. науч. сотр. ИФПБ РАН, д-р геогр. наук, [rauf-galiulin@rambler.ru](mailto:rauf-galiulin@rambler.ru)  
**В.Н. Башкин**, гл. науч. сотр. ООО «Газпром ВНИИГАЗ» и ИФХиБПП РАН, проф., д-р биол. наук, [vladimir.bashkin@rambler.ru](mailto:vladimir.bashkin@rambler.ru)  
**Р.А. Галиулina**, науч. сотр. ИФПБ РАН, [rosa\\_g@rambler.ru](mailto:rosa_g@rambler.ru)

*Проведена экспертиза информации, касающейся проблемы безопасного применения метанола в газовой промышленности, в качестве ингибитора гидратообразования, с целью выявления инноваций по различным экологическим аспектам. В числе этих инноваций подходы и способы, связанные со снижением риска загрязнения окружающей среды метанолом и интоксикации в производственных условиях, с контролем воздействия метанола на человека, утилизацией и очисткой сточных вод и почвы от данного вещества.*

**Ключевые слова:** метанол, газовая промышленность, ингибитор гидратообразования, экспертиза, инновации, подходы, способы.

## PROBLEM OF SAFE USE OF METHANOL IN THE GAS INDUSTRY: EXAMINATION AND INNOVATIONS

**R.V. Galiulin**, Leading Researcher of IBBP RAS, Ph.D. of Geographic Sciences, [rauf-galiulin@rambler.ru](mailto:rauf-galiulin@rambler.ru)  
**V.N. Bashkin**, Chief Researcher of «Gazprom VNIIGAZ» LLC and IPBPSS RAS, Professor, Ph.D. of Biology, [vladimir.bashkin@rambler.ru](mailto:vladimir.bashkin@rambler.ru)  
**R.A. Galiulina**, Researcher of IBBP RAS, [rosa\\_g@rambler.ru](mailto:rosa_g@rambler.ru)

*Examination of information concerning a problem of safe use of methanol in the gas industry as hydrate formation inhibitor purposing the discovery of innovations on various ecological aspects is carried out. Among these innovations are approaches and methods connected with decrease of environmental pollution risk by methanol and intoxication under production conditions, control of methanol impact on the human, utilization and cleaning of sewage and soil from this substance.*

**Keywords:** methanol, gas industry, hydrate formation inhibitor, examination, innovations, approaches, methods.

Метанол (CH<sub>3</sub>OH) применяется в газовой промышленности в качестве ингибитора гидратообразования, т.е. для борьбы с таким нежелательным явлением, как образованием при определенных термобарических условиях из воды и низкомолекулярных газов, так называемых газовых гидратов в виде кристаллических соединений [1, 2]. Газовые гидраты приводят к технологическим осложнениям при бурении и эксплуатации скважин на нефть и газ, а также при сооружении плавучих платформ. Интересно отметить, что ряд природных катаклизмов и так называемых загадочных явлений находит «газогидратное объяснение», например, Бермудский треугольник (район в Атлантическом океане), а также подводные оползни и обвалы.

Между тем, механизм действия метанола, относящегося к классу термодинамических ингибиторов гидратообразования, заключается в снижении активности воды в водном растворе, вследствие чего изменяются равновесные условия образования гидратов. Так, закачка метанола в призабойную зону скважины газогидратных месторождений вызывает не только

разложение газовых гидратов на забое скважины, но и улучшает фильтрационные характеристики призабойной зоны, т.е. участка пласта, примыкающего к стволу скважины. Кроме того, высокая адсорбционная способность метанола используется для удаления воды после гидростатических испытаний газопроводов, а также в низкотемпературных процессах очистки природного газа от углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ ) и других серосодержащих органических соединений.

Повсеместное использование метанола, и особенно на газодобывающих предприятиях Крайнего Севера, обусловлено рядом причин, в числе которых, относительно низкая его стоимость по сравнению с другими ингибиторами гидратообразования (гликолями, поверхностно-активными веществами, водорастворимыми полимерными композициями), наивысшая среди известных ингибиторов антигидратная активность, сохраняющаяся даже при низких температурах, очень низкая температура замерзания концентрированных растворов метанола и исключительно малая их вязкость даже при температуре ниже  $-50\text{ }^\circ\text{C}$  [3].

Цель данной работы состояла в экспертизе, т.е. в анализе, систематизации и обобщении информации, касающейся проблемы безопасного применения метанола в газовой промышленности, в качестве ингибитора гидратообразования, с целью выявления инноваций, т.е. подходов и способов по различным экологическим аспектам, а именно: по снижению риска загрязнения окружающей среды метанолом в результате его аварийных выбросов и разливов и интоксикации в производственных условиях, по контролю воздействия метанола на человека и утилизации и очистке сточных вод и почвы от данного вещества.

#### **Инновация по снижению риска загрязнения окружающей среды метанолом**

Загрязнение окружающей среды метанолом происходит в результате его аварийных выбросов или разливов при производстве, транспортировке и применении данного вещества. При этом количество аварийных выбросов или разливов метанола или промышленных сточных вод, содержащих это вещество нельзя планировать, а избежать их на 100% практически невозможно.

Между тем самый большой риск загрязнения окружающей среды метанолом представляет его транспортировка на газодобывающие предприятия. Так, например, транспортная схема обеспечения газодобывающих предприятий метанолом, существующая в настоящее время на Надым-Пур-Тазовском нефтегазоносном регионе (Ямало-Ненецкий автономный округ,  $67^\circ 15'$  с.ш.,  $74^\circ 40'$  в.д.) включает несколько этапов, а именно [3]: залив метанола в железнодорожные цистерны на заводе-изготовителе и их транспортировка на головную базу, перелив метанола из железнодорожных цистерн в стационарные емкости для хранения, подготовка метанола к его использованию путем добавления одорантов или красителя, перелив метанола из стационарных емкостей в автомобильные цистерны и их транспортировка до базы метанола на газодобывающем предприятии, где осуществляется перелив метанола из автомобильных цистерн в стационарные емкости, затем перелив из стационарных емкостей в другие автомобильные цистерны и транспортировка метанола на конкретные объекты потребления.

Загрязнение окружающей среды метанолом при различных обстоятельствах подтверждают ниже приведенные примеры. Так, недавно, в Свердловской области на железнодорожной станции произошла утечка значительного количества метанола (850 л) из цистерны на почвенный покров [4]. Серия инцидентов, связанных с высоким загрязнением атмосферного воздуха метанолом, т.е. до 10, 15 и 22 предельно допустимой концентрации (ПДК), была зарегистрирована в Тульской области [5–7]. Высокое и экстремально высокое загрязнение метанолом речной воды, соответственно, до 32 и 58 ПДК, было установлено в Вологодской области [5, 8]. В одном из городов Кемеровской области в воде скважин на территориях химических предприятий был обнаружен метанол в концентрации, превышающей его ПДК, а в Архангельской области метанол был отнесен к числу приоритетных загрязнителей источников питьевой воды, требующих постоянного контроля [9, 10].

Между тем, высокий риск загрязнения водных объектов и интоксикации их ихтиофауны может представлять транспортировка метанола в период навигации на грузовых судах по реке Оби и Тазовской губе (морскому заливу) на Юрхаровское газоконденсатное месторождение Надым-Пур-Тазовского нефтегазоносного региона, когда нельзя на 100 % исключить инциденты, приводящие к аварийному разливу метанола в воду [11, 12]. Как известно, река Обь и Тазовская губа относятся к водоемам высшей рыбохозяйственной категории, как местам нагула ценных пород осетровых и сиговых рыб.

Инновацией по снижению риска загрязнения окружающей среды в результате аварийных выбросов и разливов метанола, в частности, при его транспортировке метанола на большие расстояния, как по суше, так и по воде, может быть подход по созданию малотоннажного производства метанола в форме мини-заводов в непосредственной близости к месту его использования, т.е. в районе добычи природного газа, а также вторичное использование отработанного метанола путем его регенерации [2, 11, 12]. Подобного рода мини-заводы с упрощенной технологической схемой монтируются в быстро воспроизводимом модульном сооружении и позволяют полностью отказаться от централизованного снабжения газодобывающих предприятий метанолом [13]. При этом в качестве сырья для производства метанола может быть использован свой же природный газ, в котором, как известно, содержание метана (СН<sub>4</sub>) составляет от 70 до 98 %. Первоначально паровой конверсией метана получают, так называемый синтез-газ (смесь монооксида углерода и водорода), а затем на медно-цинковом оксидном катализаторе из него синтезируют искомое вещество – метанол:



#### **Инновация по снижению риска интоксикации метанолом в производственных условиях**

Метанол является сильным, преимущественно нервным и сосудистым ядом с резко выраженным кумулятивным эффектом, т.е. усиленным токсическим действием в результате его накопления в организме при кратных поступлениях [1, 14, 15]. Наибольшее количество метанола накапливается в печени и почках [16]. Установлено, что часть поступившего в организм метанола через несколько суток выделяется слизистой оболочкой в просвет желудка и затем снова всасывается. Метанол при пероральном попадании в организм человека вызывает циркуляторный коллапс, т.е. острую сосудистую недостаточность, сопровождающуюся резким падением кровяного давления [15]. Особую токсичность метанола связывают с образованием из него в организме формальдегида (НСОН) и муравьиной кислоты (НСООН):



За счет образования именно этих веществ, а также медленного распада метанола обусловлена тяжесть интоксикации. При любом пути поступления метанола типичны поражения зрительного нерва и сетчатки глаза, отмечаемые как при острых, так и при хронических интоксикациях. Пары метанола сильно раздражают слизистые оболочки глаз и дыхательных путей. Поступление метанола в желудок опасно в количестве даже 5–10 мл, а смертельной дозой является 30 мл. Симптомы отравления (тошнота, рвота) могут наступать как вскоре после попадания вещества, так и через несколько часов, на следующий день или еще позднее. В тяжелых случаях наблюдаются резкая синюшность, глубокое и затрудненное дыхание, судороги, слабый учащенный пульс, отсутствие реакции зрачков, и смерть наступает от остановки дыхания. Пострадавшие, находящиеся в сознании, жалуются на головную боль, сильнейшие боли во всем теле и в желудке, мелькание перед глазами и неясность видения. Неисчезающее расширение зрачков указывает на возможность рецидива или стойкого расстройства зрения. Функциональная неполноценность печени не исчезает с наступлением клинического выздоровления, которое протекает очень медленно.

Ранние симптомы хронической интоксикации метанолом проявляются в виде концентрического сужения границ цветного зрения, нарастающего со временем и атрофии зри-

тельного нерва, т.е. уменьшения его размеров, сопровождающегося нарушением или прекращением функции и отеком. У лиц с хронической интоксикацией метанола в производственных условиях возникает изменение белковообразовательной функции печени. Имеют место – быстрая утомляемость, головная боль во второй половине дня, раздражительность, плаксивость и боль в правом подреберье. При малых концентрациях метанола отравление развивается постепенно и характеризуется раздражением слизистых оболочек, частыми заболеваниями дыхательных путей, головными болями, звоном в ушах, невритами и расстройствами зрения. Отравление организма при попадании на кожу метанола обычно происходит при одновременном вдыхании его паров. Поступление метанола в организм через кожу и дыхательные пути связано с особыми условиями, как случайным обливом веществом поверхности тела (без проведения немедленной нейтрализации) и длительным пребыванием в атмосфере, содержащей метанол [16]. Для профилактики раннего негативного действия метанола представляется важным и необходимым определение данного вещества в биологических жидкостях организма (крови и моче), например, газохроматографическим методом.

Инновацией по снижению риска интоксикации метанолом в производственных условиях, например, вследствие его ошибочного употребления, является подход по искусственному изменению таких его органолептических свойств, как запаха и цвета, путем добавления в метанол одорантов – этилмеркаптана ( $C_2H_5SH$ , 1:1000) или керосина (1:100) и темного красителя (2,5:1000) [3].

#### **Инновация по контролю воздействия метанола на человека**

Как известно, оценка загрязнения, таких компонентов окружающей среды, как воздуха и воды метанолом осуществляется по гигиеническим нормативам в форме его соответствующих ПДК, а человека в производственных условиях в форме предельно допустимого уровня (ПДУ) метанола на коже его рук (см. табл.) [1, 14]. Здесь, под ПДК вещества в воздухе рабочей зоны подразумевается концентрация, которая в течение всего рабочего стажа не должна привести к заболеванию или отклонению в состоянии здоровья; ПДК вещества максимальная разовая – концентрация в воздухе населенных мест, которая при вдыхании в течение 30 мин не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека; ПДК вещества среднесуточная – концентрация в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека негативного воздействия при неопределенно долгом вдыхании; ПДК вещества в сточных водах, поступающих на сооружения микробиологической очистки – концентрация, которая не должна оказывать негативного воздействия на микрофлору, осуществляющую очистку сточных вод от данного вещества; ПДК вещества в воде водных объектов – концентрация, которая не должна оказывать негативного влияния на организм человека и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования; ПДУ вещества на коже рук – концентрация, которая в течение всего рабочего стажа не должна привести к заболеванию или отклонению в состоянии здоровья.

#### **Гигиенические нормативы метанола для различных сред и человека**

Гигиенический норматив	Среда и человек	Значение
Предельно допустимая концентрация	В воздухе рабочей зоны	5 мг/м <sup>3</sup>
	Максимальная разовая в воздухе населенных мест	1 мг/м <sup>3</sup>
	Среднесуточная в воздухе населенных мест	0,5 мг/м <sup>3</sup>
	В сточных водах, поступающих на сооружения микробиологической очистки метанола	200 мг/л
	В воде водных объектов	3 мг/л
Предельно допустимый уровень	На коже рук	0,02 мг/см <sup>2</sup>

Известно, что одним из существенных источников поступления метанола в организм человека в производственных условиях является загрязненный данным веществом воздух, контролю которого придается особое значение. Примером осуществления такого контроля являются исследования [17], выполненные на Астраханском газоперерабатывающем заводе, где газохроматографическим методом было установлено, что максимальное содержание метанола в производственных помещениях оказалось ниже или незначительно превышало его ПДК для воздуха рабочей зоны. Другим примером контроля загрязнения воздуха рабочей зоны метанолом являются результаты мониторинга, выполненного на ряде химических производств по получению метанола, расположенных в Восточной Сибири, когда было установлено, что за наблюдаемый период времени не отмечалось превышения гигиенических нормативов данного вещества [18].

Однако считается, что определение метанола в биологических средах человека (крови и моче) более актуально, чем определение данного вещества в атмосферном воздухе, поскольку анализ разовой пробы в зоне дыхания может неадекватно отражать негативное воздействие метанола на организм [16]. И поэтому инновацией по контролю воздействия метанола на человека в производственных условиях можно считать подход, связанный с анализом содержания вещества в вышеуказанных биологических средах.

#### **Инновации по утилизации и очистке сточных вод и почв, содержащих метанол**

Как известно, сточные воды, образуемые на предприятиях газовой промышленности, наряду с метанолом содержат ряд других специфических компонентов (углеводороды, фенолы, гликоли, сероводород и другие вещества) [19]. При этом способ утилизации подобного рода сточных вод, например, сжиганием на газофакельных установках не является экологически безопасным, так как опасные продукты сгорания компонентов сточных вод поступают в атмосферный воздух, затем оседают на почву и поверхностные воды. К другому способу утилизации сточных вод, широко практикуемому в газовой промышленности, относится их подземное захоронение, которое должно осуществляться путем закачки сточных вод в глубокие, надежно изолированные водоносные горизонты, не содержащие пресных, бальнеологических, минеральных и термальных вод. Считается, что подземное захоронение сточных вод в область депрессионной воронки в водонапорной системе разрабатываемого месторождения природного газа может быть осуществлено при невозможности очистки сточных вод от метанола и других компонентов до требуемых ПДК. Так, например, утилизация не поддающихся очистке сточных вод Астраханского газоконденсатного комплекса, производится путем их закачивания через скважины в пласт триасово-нижнемеловых отложений на глубину около 2000 м [20].

Однако естественно возникает вопрос: захоронение сточных вод в недра Земли – это решение проблемы утилизации или создание новой экологической проблемы, что, прежде всего, связано с сохранением качества подземных вод [21]. Для экологически безопасного решения проблемы захоронения сточных вод необходимо – основательно изучить геолого-гидрологические условия места захоронения сточных вод, вести постоянный мониторинг за состоянием подземных вод, максимально уменьшить концентрацию самих загрязняющих веществ в сточных водах и изучить возможные процессы взаимодействия сточных вод при их захоронении с вмещающими породами и подземными водами.

С экологической точки зрения инновациями по утилизации и очистке сточных вод и почв, содержащих метанол, могут быть только те подходы и способы, которые направлены на максимально возможную очистку сточных вод и почв от метанола, по крайней мере, до определенных гигиенических нормативов. Ниже описываются инновации, ориентированные на очистку сточных вод с преобладающим содержанием метанола в их составе, так называемых метанолсодержащих вод. Так, в работе [22] представлена технологическая схема извлечения метанола из сточных вод предприятия химической промышленности на основе процесса ректификации, т. е. путем испарения жидкости и отдельной конденсации паров

различных компонентов. При этом использовался метод периодической ректификации, который в отличие от непрерывного процесса позволяет разделить смесь и извлечь метанол в одной ректификационной колонне вместо двух.

Известен также способ очистки метанолсодержащих вод путем их ультрафиолетового облучения эксилампами (газоразрядными лампами) в присутствии азотной кислоты ( $\text{HNO}_3$ ) как сильного окислителя [23]. При этом под воздействием ультрафиолетового облучения происходит фотолиз воды и азотной кислоты с образованием высокореактивных радикалов —  $\cdot\text{OH}$ ,  $\cdot\text{H}$ ,  $\text{NO}_2\cdot$  и  $\cdot\text{NO}$ , которые в дальнейшем вступают в реакции с метанолом с образованием конечных продуктов  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{NH}_3$ . В условиях *in vitro* эксперимента было установлено, что в метанолсодержащих водах с добавлением азотной кислоты (при соотношении  $\text{CH}_3\text{OH}:\text{HNO}_3$ , 10:1) под действием ультрафиолетового облучения с длиной волны  $\lambda = 172$  нм ( $\text{Xe}_2$  – эксилампа) концентрация метанола в водах за 16 мин уменьшалась с 35,0 до 2,6 мг/л, т.е. в 13,5 раза, а при использовании аналогичного облучения с длиной волны  $\lambda = 222$  нм ( $\text{KrCl}$  – эксилампа) уменьшалась с 338,0 до 14,6 мг/л, т.е. в 23 раза.

В работе [24] предложена технологическая схема извлечения метанола из сточных вод газоконденсатных месторождений, заключающаяся в регенерации данного вещества ректификацией с последующим глубоким каталитическим окислением его остаточных количеств в кубовом остатке, т.е. неиспарившейся жидкости. При этом 100 % окисление метанола в кубовом остатке в концентрации до 1,5 % достигается при использовании медно-хромо-магниевого и хромо-магниевого катализатора на носителе из оксида алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Продолжительность контакта метанолсодержащей воды с катализатором была не менее 0,9 секунд при температуре не ниже  $450^\circ\text{C}$ . Между тем исследования [25] показали также возможность 100 % очистки сточных вод от метанола на медно-хромо-цинковом катализаторе при  $250^\circ\text{C}$  с начальным содержанием вещества до 5 %.

В другом способе очистки не только метанолсодержащих вод, но и почвы от метанола, как источника вторичного загрязнения поверхностных и подземных вод используются микроорганизмы. Так, в работах [26, 27] очистка указанных сред производится с помощью биопрепаратов в виде высушенных активных биомасс метилотрофных бактерий (*Acinetobacter calcoaceticus* и *Methylomonas methanica*), выделенных из озерной воды и почвы. Очистка загрязненных сред от метанола происходит путем микробиологической трансформации (окисления) данного вещества через формальдегид и муравьиную кислоту до диоксида углерода и воды:



При этом очистку метанолсодержащих вод можно выполнять непосредственно в специальных прудах-накопителях, оснащенных системой компрессоров для нагнетания воздуха в объем очищаемой воды и одновременной ее обработки биопрепаратом. Так, в условиях ферментера было установлено, что при объемном содержании метанола в воде в количестве 1% очистка последней происходила за 22 часа, при 2% – за 36 часов.

Между тем, для снижения риска попадания метанола из загрязненной почвы в поверхностные и подземные воды возникает необходимость ее очистки, которую также проводят с помощью вышеуказанных биопрепаратов [26]. Так, при поверхностном (0–5 см) и подповерхностном (5–30 см) загрязнении почвы метанолом ее обрабатывают специально приготовленной суспензией биопрепарата (в растворе минеральных удобрений). При этом до и после обработки биопрепаратом верхние слои почвенного профиля подвергают рыхлению. При глубинном загрязнении почвенного профиля метанолом (до 100 см), его слой полностью экскавируют и складывают в виде бурта на специально подготовленную площадку с водонепроницаемым основанием и системой перфорированных труб, проходящих через толщу бурта и обеспечивающих интенсивную аэрацию с помощью компрессоров. Бурт обрабатывают биопрепаратом, периодически подвергают рыхлению и после очистки экскавированный слой возвращают на место выемки. Для очистки нижних слоев почвенного профи-

ля прокладывают скважины на всю глубину загрязнения вплоть до зеркала грунтовых вод, в которые через перфорированные трубы прокачивают суспензию биопрепарата и воздух.

### **Заключение**

Таким образом, экспертиза информации, касающейся проблемы безопасного применения метанола в газовой промышленности позволила выявить целый ряд инноваций по различным экологическим аспектам. В числе этих инноваций, подходы и способы, связанные со снижением риска загрязнения окружающей среды метанолом и интоксикации в производственных условиях, с контролем воздействия метанола на человека, утилизацией и очисткой сточных вод и почвы от данного вещества. Использование этих инноваций будет способствовать максимально безопасному применению метанола в качестве ингибитора гидратообразования, а также для удаления воды после гидростатических испытаний газопроводов и в процессах очистки природного газа от нежелательных компонентов.

### **Список литературы**

1. Российская газовая энциклопедия. М.: Большая Российская энциклопедия, 2004. 527 с.
2. Истомина В.А., Минигулов Р.М., Грицишин Д.Н., Квон В.Г. Технологии предупреждения гидратообразования в промысловых системах: проблемы и перспективы // Газохимия. 2009. № 6. С. 32–40.
3. Грунвальд А.В. Рост потребления метанола в газовой промышленности России и геологические риски, возникающие при его использовании в качестве ингибитора гидратообразования // Нефтегазовое дело. 2007. 25 с. Available at: <http://www.ogbus.ru>.
4. Дмитриевская Е.С., Красильникова Т.А., Маркова О.А. О загрязнении природной среды и радиационной обстановке на территории Российской Федерации в марте 2014 г. // Метеорология и гидрология. 2014. № 6. С. 103–110.
5. Дмитриевская Е.С., Красильникова Т.А., Маркова О.А. О загрязнении природной среды и радиационной обстановке на территории Российской Федерации в июле 2016 г. // Метеорология и гидрология. 2016. № 10. С. 103–110.
6. Дмитриевская Е.С., Красильникова Т.А., Маркова О.А. О загрязнении природной среды и радиационной обстановке на территории Российской Федерации в июне 2016 г. // Метеорология и гидрология. 2016. № 9. С. 97–104.
7. Дмитриевская Е.С., Красильникова Т.А., Маркова О.А. О загрязнении природной среды и радиационной обстановке на территории Российской Федерации в мае 2016 г. // Метеорология и гидрология. 2016. № 8. С. 100–106.
8. Дмитриевская Е.С., Красильникова Т.А., Маркова О.А. О загрязнении природной среды и радиационной обстановке на территории Российской Федерации в августе 2016 г. // Метеорология и гидрология. 2016. № 11. С. 96–103.
9. Эльпинер Л.И. Современные медико-экологические аспекты учения о подземных водах // Гигиена и санитария. 2015. № 6. С. 39–46.
10. Унгурияну Т.Н. Риск для здоровья населения при комплексном действии веществ, загрязняющих питьевую воду // Экология человека. 2011. № 3. С. 14–20.
11. Юнусов Р.Р., Шевкунов С.Н., Дедовец С.А., Ушаков С.Н., Лятс К.Г., Самойлов А.П. Малотоннажные установки по производству метанола в газодобывающих районах Крайнего Севера // Газохимия. 2008. № 1. С. 58–61.
12. Долинский С.Э. Установки по производству метанола за Полярным кругом. Интеграция и компактность – залог наивысшей эффективности // Газохимия. 2009. № 4. С. 14–21.
13. Ладыгин К.В., Цукерман М.Я., Стомпель С.И. Метанол в газодобыче: снижение экологических рисков // Экология производства. 2014. № 4. С. 47–49.
14. Андреев О.П., Башкин В.Н., Галиулин Р.В., Арабский А.К., Маклюк О.В. Решение проблемы геоэкологических рисков в газовой промышленности. Обзорная информация // М.: Газпром ВНИИ-ГАЗ, 2011. 78 с.
15. Вредные вещества в промышленности. Л.: Химия, 1976. Т. 1. Органические вещества. 592 с.

16. Малютин Н.Н., Тараненко Л.А. Патологические и клинические аспекты воздействия метанола и формальдегида на организм человека // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. 11 с.
17. Бойко О.В., Ахминеева А.Х., Бойко В.И., Гудинская Н.И. Влияние Астраханского газоперерабатывающего завода на загрязнение воздуха производственных помещений и территории // Гигиена и санитария. 2016. № 2. С. 167–171.
18. Тараненко Н.А., Мешакова Н.М. Санитарно-гигиенические аспекты мониторинга за состоянием воздуха рабочей зоны химических производств по получению метанола и метиламинов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 8. С. 812–815.
19. Аكوпова Г.С., Ильченко В.П., Попадью Н.В. Производственные сточные воды газовой отрасли: источники образования, состав, очистка и утилизация // Газовая промышленность. 2003. № 6. С. 76–78.
20. Абуталиева И.Р., Исакова В.В. Освоение газоконденсатных месторождений как фактор изменения геосистем Астраханского Прикаспия // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2010. № 2. С. 7–12.
21. Иванова А.Г. Захоронение промышленных вод в недра – решение проблемы утилизации или создание новой? (на примере Елшанской станции подземного хранения газа) // Поволжский экологический журнал. 2004. № 1. С. 58–68.
22. Пухлий В.А., Журавлев А.А., Померанская А.К., Пухлий П.В. Очистка сточных вод от метанола и ацетона // Энергетические установки и технологии. 2016. Т. 2. № 2. С. 68–77.
23. Медведев Ю.В., Польшгалов Ю.И., Ерофеев В.И., Ерофеев М.В., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф., Истомин В.А. Облучение метанольных растворов Хе<sub>2</sub>- и КгСl-эксиллампами барьерного разряда // Газовая промышленность. 2005. № 2. С. 63–65.
24. Бренчугина М.В., Буйновский А.С., Исмагилов З.Р., Кузнецов В.В. Разработка технологии очистки производственных вод газоконденсатных месторождений от метанола // Известия Томского политехнического университета. 2007. Т. 311. № 3. С. 64–68.
25. Шаркина В.И., Серегина Л.К., Шанкина В.Г., Фалькевич Г.С., Ростанин Н.Н. Очистка водометанольной фракции от метанола на промышленном катализаторе НТК-4 // Катализ в промышленности. 2012. № 1. С. 61–64.
26. Мурзаков Б.Г., Аكوпова Г.С., Маркина П.А. Очистка метанолсодержащих вод с помощью биологических препаратов // Газовая промышленность. 2005. № 12. С. 58–60.
27. Мурзаков Б.Г., Аكوпова Г.С., Маркина П.А. Выделение метилотрофных бактерий из микробиоценоза метанолсодержащих вод // Газовая промышленность. 2006. № 3. С. 83–85.

## References

1. Rossiyskaya gazovaya entsiklopediya (2004) [Russian gas encyclopedia] *Bol'shaya rossiyskaya entsiklopediya* [Bol'shaya rossiyskaya entsiklopediya publishing house]. Moscow, p. 527.
2. Istomin V.A., Minigulov R.M., Gritshishin D.N., Kvon V.G. (2009) *Tekhnologii preduprezhdeniya gidratoobrazovaniya v promyslovykh sistemakh: problemy i perspektivy* [Technologies of the prevention of hydrate formation in mine systems: problems and prospects] *Gazokhimiya* [Gas chemistry]. No. 6, pp. 32–40.
3. Grunval'd A.V. (2007) *Rost potrebleniya metanola v gazovoy promyshlennosti Rossii i geoekologicheskie riski, vznikaiushchie pri ego ispolzovanii v kachestve ingibitora gidratoobrazovaniya* [Growth of methanol consumption in the gas industry of the Russia and the geoenvironmental risks arising at its use as hydrate formation inhibitor] *Neftegazovoe delo* [Oilgas business]. P. 25. Available at: <http://www.ogbus.ru>.
4. Dmitrevskaya E.S., Krasil'nikova T.A., Markova O.A. (2014) *O zagryaznenii prirodnoy sredy i radiatsionnoy obstanovke na territorii Rossiyskoy Federatsii v marte 2014 g.* [About pollution of the environment and radiation situation on the territory of the Russian Federation in March, 2014] *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and hydrology]. No. 6, pp. 103–110.
5. Dmitrevskaya E.S., Krasil'nikova T.A., Markova O.A. (2016) *O zagryaznenii prirodnoy sredy i radiatsionnoy obstanovke na territorii Rossiyskoy Federatsii v iule 2016 g.* [About pollution of the environment and radiation situation on the territory of the Russian Federation in July, 2016] *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and hydrology]. No. 10, pp. 103–110.



6. Dmitrevskaya E.S., Krasil'nikova T.A., Markova O.A. (2016) *O zagryaznenii prirodnoy sredy i radiatsionnoy obstanovke na territorii Rossiyskoy Federatsii v iune 2016 g.* [About pollution of the environment and radiation situation on the territory of the Russian Federation in June, 2016] *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and hydrology]. No. 9, pp. 97–104.
7. Dmitrevskaya E.S., Krasil'nikova T.A., Markova O.A. (2016) *O zagryaznenii prirodnoy sredy i radiatsionnoy obstanovke na territorii Rossiyskoy Federatsii v mae 2016 g.* [About pollution of the environment and a radiation situation on the territory of the Russian Federation in May, 2016] *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and hydrology]. No. 8, pp. 100–106.
8. Dmitrevskaya E.S., Krasil'nikova T.A., Markova O.A. (2016) *O zagryaznenii prirodnoy sredy i radiatsionnoy obstanovke na territorii Rossiyskoy Federatsii v avguste 2016 g.* [About pollution of the environment and radiation situation on the territory of the Russian Federation in August, 2016] *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and hydrology]. No. 11, pp. 96–103.
9. El'piner L.I. (2015) *Sovremennye mediko-ecologicheskie aspekty ucheniya o podzemnykh vodakh* [Modern medico-ecological aspects of the doctrine about underground waters] *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and sanitation]. No. 6, pp. 39–46.
10. Unguryanu T.N. (2011) *Risk dlya zdorov'ya naseleniya pri kompleksnom deystvii veshchestv, zagryaznyaiushchikh pit'evuiu vodu* [Risk for the population health at complex effect of the substances polluting drinking water] *Ekologiya cheloveka* [Ecology of human]. No. 3, pp. 14–20.
11. Iunusov R.R., Shevkunov S.N., Dedovets S.A., Ushakov S.N., Layts K.G., Samoylov A.P. (2008) *Malotonnazhnye ustanovki po proizvodstvu metanola v gazodobyvaiushchikh rayonakh Kraynego Severa* [Low-tonnage installations on production of methanol in the gas regions of the Far North] *Gazokhimiya* [Gas chemistry]. No. 1, pp. 58–61.
12. Dolinskiy S.E. (2009) *Ustanovki po proizvodstvu metanola za Polyarnym krugom. Integratsiya i kompaktnost' – zalog naivyshey effektivnosti* [Installations on production of methanol behind a Polar circle. Integration and compactness – guarantee of the highest efficiency] *Gazokhimiya* [Gas chemistry]. No. 4, pp. 14–18.
13. Ladygin K.V., Tsukerman M.Ya., Stompel' S.I. (2014) *Metanol v gazodobyche: snizhenie ekologicheskikh riskov* [Methanol in gas production: decrease in environmental risks] *Ekologiya proizvodstva* [Ecology of production]. No. 4, pp. 47–49.
14. Andreev O.P., Bashkin V.N., Galiulin R.V., Arabskiy A.K., Makliuk O.V. (2011) *Reshenie problemy geoekologicheskikh riskov v gazovoy promyshlennosti. Obzornaya informatsiya* [Solution of the problem of geoenvironmental risks in the gas industry. Review information] *Izd-vo Gazprom VNIIGAZ* [Gazprom VNIIGAZ publishing house]. Moscow, p. 78.
15. *Vrednye veshchestva v promyshlennosti* [Harmful substances in the industry] (1976) *Izd-vo Khimiya* [Khimiya publishing house. Organic substances]. Leningrad, vol. 1., 592 p.
16. Maliutina N.N., Taranenko L.A. (2014) *Patofiziologicheskie i klinicheskie aspekty vozdeystviya metanola i formal'degida na organizm cheloveka* [Pathophysiological and clinical aspects of methanol and formic aldehyde influence on a human organism] *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. No. 2, p. 11.
17. Boyko O.V., Akhmineeva A.Kh., Boyko V.I., Gudinskaya N.I. (2016) *Vliyanie Astrakhanskogo gazopererabatyvaiushchego zavoda na zagryaznenie vozdukh proizvodstvennykh pomeshcheniy i territorii* [Influence of the Astrakhan gas processing plant on air pollution of production premises and territories] *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and sanitation]. No. 2, pp. 167–171.
18. Taranenko N.A., Meshchakova N.M. (2015) *Sanitarno-gigienicheskie aspekty monitoringa za sostoyaniem vozdukh rabochey zony khimicheskikh proizvodstv po polucheniiu metanola i metilaminov* [Sanitary-hygienic aspects of monitoring of air state of the working zone of chemical productions on receiving of methanol and methylamines] *Mezhdunarodny zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy* [International journal of applied and basic researches]. No. 8, pp. 812–815.
19. Akopova G.S., Il'chenko V.P., Popad'ko N.V. (2003) *Proizvodstvennye stochnye vody gazovoy otrasli: istochniki obrazovaniya, sostav, ochistka i utilizatsiya* [Production sewage of the gas industry: formation sources, composition, cleaning and utilization] *Gazovaya promyshlennost'* [Gas industry]. No. 6, pp. 76–78.
20. Abutalieva I.R., Isakova V.V. (2010) *Osvoenie gazokondensatnykh mestorozhdeniy kak faktor izmeneniya geosistem Astrakhanskogo Prikaspiya* [Settling of gas-condensate fields as factor of change of geosystems of the

Astrakhan Prikaspiy] *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Astrakhan state technical university]. No. 2, pp. 7–12.

21. Ivanova A.G. (2004) *Zakhoronenie promyshlennykh vod v nedra – reshenie problemy utilizatsii ili sozdanie novoy? (na primere Elshanskoj stantsii podzemnogo khraneniya gaza)* [Burial of industrial waters in a subsoil – a solution of the problem of utilization or creation new? (on example of the Elshansk station of underground storage of gas)] *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal* [Volga region ecological journal]. No. 1, pp. 58–68.

22. Pukhliy V.A., Zhuravliev A.A., Pomeranskaya A.K., Pukhliy P.V. (2016) *Ochistka stochnykh vod ot metanola i atsetona* [Cleaning of sewage from methanol and acetone] *Energeticheskie ustanovki i tekhnologii* [Power stations and technologies]. Vol. 2, no. 2, pp. 68–77.

23. Medvedev Iu.V., Polygalov Iu.I., Erofeev V.I., Erofeev M.V., Sosnin E.A., Tarasenko V.F., Istomin V.A. (2005) *Obluchenie metanol'nykh rastvorov Xe<sub>2</sub>– i KrCl-eksilampami bar'ernogo razryada* [Radiation of methanol solutions by Xe<sub>2</sub>– and KrCl-exilamps of barrier category] *Gazovaya promyshlennost'* [Gas industry]. No. 2, pp. 63–65.

24. Brenchugina M.V., Buynovskiy A.S., Ismagilov Z.R., Kuznetsov V.V. (2007) *Razrabotka tekhnologii ochistki proizvodstvennykh vod gazokondensatnykh mestorozhdeniy ot metanola* [Development of cleaning technology of production waters of gas-condensate fields from methanol] *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [News of Tomsk polytechnical university]. Vol. 311, no. 3, pp. 64–68.

25. Sharkina V.I., Seriegina L.K., Shchankina V.G., Fal'kevich G.S., Rostanin N.N. (2012) *Ochistka vodometanol'noy fraktsii ot metanola na promyshlennom katalizatore NTK-4* [Cleaning of watermethanol fraction from methanol on the industrial NTK-4 catalyst] *Kataliz v promyshlennosti* [Catalysis in the industry]. No. 1, pp. 61–64.

26. Murzakov B.G., Akopova G.S., Markina P.A. (2005) *Ochistka metanolsoderzhashchikh vod s pomoshch'yu biologicheskikh preparatov* [Cleaning of methanol containing waters by means of biological preparations] *Gazovaya promyshlennost'* [Gas industry]. No. 12, pp. 58–60.

27. Murzakov B.G., Akopova G.S., Markina P.A. (2006) *Vydelenie metilotrofnykh bakteriy iz mikrobiotsenoza metanolsoderzhashchikh vod* [Extraction the methylotrophic bacteria from a microbiocenosis of the methanolcontaining waters] *Gazovaya promyshlennost'* [Gas industry]. No. 3, pp. 83–85.