

лесная завирушка, деряба, чёрный дрозд, певчий дрозд, обыкновенная горихвостка, пеночки, серая славка;

– кампестрофильные формы: ястреб-тетеревятник, ястреб-перепелятник, сизый голубь, серая куропатка, городская ласточка, деревенская ласточка, полевой жаворонок, грач, серая ворона, жёлтая трясогузка, домовый воробей, полевой воробей, щегол, скворец;

– лимнофильные формы: обыкновенная крачка, обыкновенная (речная) чайка, ласточка-береговушка;

– саксо-рупиморфные формы: сизый голубь, городская ласточка, деревенская ласточка, ворон;

– синантропные формы: городская ласточка, деревенская ласточка, большая синица, сорока, белая трясогузка, домовый воробей, полевой воробей, щегол, зяблик, обыкновенная горихвостка.

Анализ показал, что среди птиц г. Гомеля на всех исследуемых участках больше всего дендрофильных видов (19), остальные виды составили: кампестрофильные формы (14), затем – синантропы (10), саксо-рупиморфные формы (4), гигрофильных форм (4 видов).

### Литература

1 Гайдук, В. Е. Экология птиц юго-запада Беларуси. Воробьинообразные / В. Е. Гайдук, И. В. Абрамова. – Брест : БрГУ, 2013. – 298 с.

2 Ивановский, В. В. Материалы к гнездовой экологии ворона на севере Белоруссии / В. В. Ивановский, А. К. Тишечкин // Врановые птицы в естественных и антропогенных ландшафтах. – Липецк, 1989. – С. 6–8.

3 Большаков, В. Н. Специфика формирования видовых сообществ животных в техногенных и урбанизированных ландшафтах / В. Н. Большаков, О. А. Пястолова, В. Л. Вершинин // Экология, 2001. – № 5. – С. 343–354.

УДК 543.632.48:553.776(476.2)

А. А. Гранов

### К ВОПРОСУ О СПОСОБАХ ВЫДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ГАЛОГЕНИД-ИОНОВ ИЗ РАССОЛОВ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

*В данной статье рассматривается один из способов выделения некоторых галогенид-ионов из высокоминерализованных рассолов Припятского прогиба, на примере йода. Обоснованные данные помогут сформировать основу методики выделения йода, сущностью которой является фильтрация йодсодержащего рассола через слой зернистого угля; развить представления об абсорбционных свойствах угля для последующего внедрения в практическую часть лабораторных занятий.*

Для получения йода основным источником сырья являются минерализованные воды, связанные с нефтегазовыми месторождениями. Относительно высокие концентрации йода в рассолах Припятского прогиба указывают на то, что рассолы Гомельской области перспективны в отношении выделения этих элементов с целью их дальнейшего использования. Следовательно, основным вопросом является поиск наиболее интенсивного извлечения йода из природных рассолов.

Содержание йода в них колеблется в пределах 0,001–0,012 % [1, с. 27–33].

В зависимости от того, в каком состоянии его извлекают (в виде элементарного йода или иодид-иона), способы извлечения йода разделяют на две группы: адсорбционно-экстракционные методы и методы воздушной десорбции.

Из адсорбционных методов в лабораторной практике наибольший интерес представляет извлечение йода активированным углем.

Угольно-адсорбционный способ извлечения йода из минерализованных вод в течении многих лет был основным способом получения йода.

Сущность метода заключается в фильтрации йодсодержащего рассола через слой зернистого угля [2, с. 34].

В сфере промышленности от данного способа как от морально устаревшего отказываются. Однако поиски более современных сорбентов на основе активированного угля продолжаются, что позволяет включить данный метод в рамки дисциплины специализации «Большой практикум» в качестве основы при рассмотрении адсорбционных свойств угля.

При рассмотрении угольно-адсорбционного способа извлечения йода выделяют следующие стадии: подкисление исследуемого рассола для нейтрализации естественной щелочности; выделение элементарного йода с помощью окислителей; адсорбцию йода из раствора активированным углем; десорбция йода с угля раствором щелочи; выделение йода из концентратов под действием кислоты и окислителя.

Адсорбцию йода и все предшествующие ей стадии осуществляют поточным методом (исследуемую воду непрерывно пропускают через колонки, загруженные сорбентом до его насыщения). Отмывку йода с угля и его выделение проводят периодически.

Для адсорбции йода имеет смысл применять каменный активированный уголь. Данная марка угля имеет насыпную плотность 350–400 кг/м<sup>3</sup>, влажность – 10 % и зольность – 9–14 %. При повышении температуры емкость сорбции угля снижается.

Оптимальной температурой для каменного активированного угля составляет не более 45 °С [3, с. 67].

Активированный уголь имеет щелочную реакцию, обусловленную присутствием примесей, образованными в результате озоления солей органических кислот, содержащихся в угле, и заряжен отрицательно. Данный уголь плохо поглощает йод и способствует его гидролизу. Поэтому перед употреблением сорбент обрабатывают кислотой или отработанным рассолом, имеющим кислую реакцию. В результате на поверхности угля образуются протоны водорода, и он заряжается положительно, увеличивая адсорбцию йода.

В кислой среде активный уголь является сильным восстановителем, поэтому одновременно с адсорбцией молекулярного йода идет его восстановления до ионов йода, которые не удерживаются сорбентом.

Для предотвращения восстановления йода при окислении хлором последний подают с избытком до достижения 25 % окисления йода до иодата. Перед загрузкой уголь обрабатывают нитритом и при появлении проскока ионов йода, некоторое время ведут окисление нитратом для накопления оксидов азота на угле. Небольшие порции нитрита можно подавать постоянно вместе с хлором.

Равновесие между адсорбированным йодом и йодом, находящимся в растворе, устанавливается медленно. Начальная стадия адсорбции определяется скоростью диффузии растворенного йода из промежутков между зернами сорбента к его поверхности – внешней диффузии. Внутренняя диффузия (скорость диффузии йода в глубь зерна) значительно превышает скорость внешней диффузии, что не влияет на скорость всего процесса. По мере насыщения активированного угля проникание молекул йода в глубь зерна затрудняется, и скорость внутренней диффузии постепенно уменьшается, определяя общую скорость адсорбции.

В лабораторных условиях адсорбцию йода осуществляют фильтрацией рассола через слой активированного угля. Адсорбер – вертикальная цилиндрическая колонка, загруженная сорбентом (степень заполнения 60–80 %).

Колонки устанавливают группами, осуществляя процесс противотока: через слой свежего угля протекает буровая вода, уже прошедшая другие адсорберы, а через насыщенный уголь – поступающий рассол.

После уменьшения до 20–25 % степени поглощения йода, уголь выгружают для отмывки.

Уголь промывают раствором щелочи (10–15 % раствор едкого натра) при нагревании для дальнейшей десорбции йода. Вначале уголь промывают горячей водой для удаления солей и кислот, после нагревают с раствором щелочи при 90 °С в течении двух часов. Раствор сливают и уголь промывают до полного удаления раствора.

В процессе отмывки йода идут восстановительные процессы, что снижает содержание иодата в щелоках. Концентрация йода в получаемых растворах составляет 25–35 г / см<sup>3</sup>. Остаточное содержание йода в отмытом сорбенте составляет до 0,1 %, щелочи – 0,4 %. Отмытый уголь после обработки кислотой и нитритом возвращают на адсорбцию.

Теоретический расход едкого натра на отмывку 1 г йода суля равняется 0,315 мл. Фактический расход больше, так как часть щелочи расходуется на побочные процессы. Расход щелочи тем больше, чем ниже концентрация йода в угле и чем сильнее он загрязнен. При работе фактический расход щелочи на чистых водах – 1,0–1,2 мл, на загрязненных – до 2 мл на 1 г йода [4, с. 432].

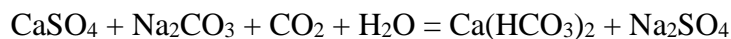
Существенным недостатком угольно-адсорбционного способа является способность активного угля поглощать нафтеновые кислоты.

Содержание солей нафтенных кислот, наряду с иодидом и иодатом, в щелоках составляет до 0,4–2,4 мг / см<sup>3</sup> [5, с. 44–46].

Адсорбируясь вместе с йодом, данные кислоты засоряют поры угля и препятствуют дальнейшей адсорбции. Скорость адсорбции йода при извлечении его из загрязненных вод по мере насыщения угля резко падает. Количество нафтенных кислот, адсорбируемых углем, может достигать до 10–15 % от массы угля, почти столько же, сколько сорбируется йода из загрязненных вод.

При отмывке йода с угля щелочью нафтенные кислоты растворяются в ней. В результате, расход щелочи увеличивает и требуется специальная очистка щелока для получения чистого йода. Существующие способы очистки рассолов от нафтенных кислот описаны ниже.

Для отмывки йода с угля кроме щелочи могут быть использованы растворы соды и сульфата. Как реагент для отмывки сода отмывает уголь не только от нафтенных кислот, но и от гипса:



При содовой отмывке адсорбционная емкость угля восстанавливается в наибольшей степени. При отмывке сульфитом идет реакция:



При сульфатной отмывке нафтенные кислоты остаются на угле и не переходят в раствор.

Большой интерес представляют попытки получения кристаллического йода минуя стадию отмывки его с сорбента. При нагревании угля, насыщенного галогеном, без доступа

воздуха при атмосферном давлении или в вакууме до 650–700 °С йод в значительной степени возгоняется и может быть собран в виде кристаллов при охлаждении в холодильнике. Уголь после термической десорбции обладает высокой активностью.

При электрохимической десорбции насыщенный уголь загружают в катодное пространство электролизера и заливают раствором электролита, например, сульфитом натрия. Электролиз проводят при повышенной температуре чтобы йод, переходящий в раствор на катоде и затем выделяющийся на аноде, сразу же возгонялся [6, с. 28].

Описанный выше метод позволяет сформировать и развить представления и навыки о методах выделения некоторых галогенид-ионов и адсорбционных свойствах угля в рамках дисциплины специализации «Большой практикум».

## Литература

1 Беляева, Л. А. Особенности формирования и химический состав природных вод девонских отложений Республики Беларусь / Л. А. Беляева, А. А. Грапов // Актуальные научные исследования в современном мире: сборник научных статей Международной научно-практической интернет-конференции. Выпуск 10 (42), Ч. 2. – Переяслав-Хмельницкий, 2018. – С. 27–33.

2 Дубик, Н. А. Химическая технология и инжиниринг производства неорганических соединений йода, брома и марганца / Н. А. Дубик. – Москва: НИИТЭхим, 1989. – 105 с.

3 Никитенко, А. З. Химия и технология брома и йода / А. З. Никитенко, А. Г. Жилин, Н. А. Овчинников. – Ленинград: ГИПХ, 1976. – 67 с.

4 Ксензенко В. И., Стасиневич Д. С. Химия и технология брома, йода и их соединений: учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Химия, 1995. – 432 с.

5 Грапов, А. А. Изучение возможностей концентрирования отдельных элементов из природных рассолов Припятского прогиба / А. А. Грапов, Л. А. Беляева // Менделеевские чтения 2019: сб. материалов Республ. науч.-практ. конф. по химии и хим. образованию, Брест, 22 февр. 2019 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина; редкол.: Э. А. Тур, Н. Ю. Колбас, В. В. Коваленко; под общ. ред. Н. Ю. Колбас. – Брест: БрГУ, 2019. – С. 44–46.

6 Лошакова, Э. И. Совершенствование технологических процессов йодобромной промышленности / Э. И. Лошакова. – Москва: НИИТЭхим, 1990. – 115 с.

УДК 630\*562.1

*А. Н. Гриценюк*

### ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ САНИТАРНЫХ РУБОК В УСЛОВИЯХ ЛОЕВСКОГО ЛЕСХОЗА

*Статья посвящена изучению опыта проведения сплошных санитарных рубок в сосновых насаждениях, поврежденных вершинным и шестизубчатым короедами. По данным заложенных пробных площадей сделана лесоводственно-таксационная характеристика средневозрастных сосновых насаждений мшистого и орлякового типов леса, назначенных в санитарные рубки. Представлена обобщенная технология санитарных рубок, применяемая в лесхозе.*

В 2013–2015 гг. в южной части Беларуси были зафиксированы вспышки распространения вершинного короеда. В 2016 году проведен первый объем санитарно-оздоровительных мероприятий – на юге Гомельской области. В 2017 году вспышки