روش تصفیه آب در ایران قدیم و مقایسه آن با روش‌های جدید

علی حسنوند[الف]، محسن پرویز [ب]، شهریار غریب‌زاده[ج*]، محمد حسین رهگذر[د]

[الف] کارشناس ارشد، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه کاشان، دانشکده مهندسی، کاشان، ایران

[ب] دانشیار، گروه فیزیولوژی و گروه تاریخ پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده پزشکی و دانشکده طب سنتی، تهران، ایران

[ج] دانشیار، گروه بیوالکتریک، مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی پزشکی، تهران، ایران

[د] کارشناس، گروه بیوالکتریک، IT، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، دانشکده مهندسی پزشکی، تهران، ایران

چکیده

سابقه و هدف: آب سالم، شاید مهم‌ترین شاخص بهداشتی باشد. وسیله تصفیف آن از اولی‌ترین و مهم‌ترین نیاز بهداشتی و حیاتی است. سؤال این است که روش تصفیه آب در ایران قدیم چگونه بوده است؟ امروزه روش‌های جدید برای تصفیه آب چگونه عمل می‌کند! برای پاسخ به این دو سؤال فوق و نیز دو روش مهم قدیمی، این پژوهش انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها: تحقیق به روش مطالعه کتابخانه‌ای انجام گرفت. بر اساس اسناد و مدارک موجود روش تصفیه آب در تصفیه خانه چغازنبیل و نیز روش جداسازی توسط غشاهای زئولیتی مورد بررسی قرار گرفت و با روش‌های جدید بر اساس کتاب مرجع مهندسی شیمی و مهندسی پزشکی شباهت‌ها و مغایرت آن مشخص شد و بالاخره مقایسه‌ای از دو روش فوق انجام گرفت.

نتیجه‌گیری: به‌نظر می‌رسد که ایرانیان در گذشته بنیان‌گذار روش تصفیه آب بوده‌اند و امروزه نیز تا حدودی برای تصفیه آب و بسیاری از جداسازی‌ها از روش‌های سنتی در ایران بهره‌گیری می‌شود و گفته می‌شود که بسیاری از روش‌های قدیمی استفاده از سطوح شیب‌دار و ... می‌توان کمک گرفت تا فاصله شکاف علمی ایران با جهان پیشرفته را کوتاه‌تر کرد.

کلیدواژه‌ها: تصفیف آب، روش‌های تصفیه آب، چغازنبیل، زئولیت، غشا، بهداشت عمومی.

تاریخ دریافت: آبان ۹۴
تاریخ پذیرش: آبان ۹۵

مقدمه:

زیربنای برنامه‌ها و خدمات بهداشتی، پیش‌گیری از بیماری‌ها و برآورده کردن نیازهای بهداشتی جامعه است. نحوه فعالیت‌های بهداشت عمومی با تغییر فناوری تغییر می‌کند، ولی هدف آن یکی است؛ از این اهداف می‌توان به کاهش ابتلا، مرگ زودرس و ناراحتی‌ها و نقص عضوهای حاصله از بیماری‌ها در یک اجتماع اشاره کرد(۱). در ایران پیش از اسلام موارد بسیاری درباره چگونگی استفاده از آب بیان شده است. مثلاً از آب زلال برای نوشیدن استفاده می‌شده است. در ایران پس از اسلام آب یکی از منابع مهم شمرده شده و توجه زیادی به این مورد شده است. از این موارد می‌توان به توجه ویژه ابن سینا به اهمیت بهداشتی آب اشاره کرد. وی آب‌ها را بر حسب مرغوبیت طبقه‌بندی کرده و تأثیر تصفیه، تقطیر و جوشاندن را به‌خوبی می‌شناخته و به این صورت بیان کرده است: «آب گوهری است که غذا را روان و رقیق می‌گرداند و آن را همراهی می‌کند تا به رگ‌ها برسد و هنگام خروج از بدن، همراه آن است». از موارد دیگری که ابن‌سینا به آن‌ها اشاره کرده می‌توان موارد زیر را نام برد: «آب‌ها از نظر گوهر یکی هستند، لیکن به وسیله آمیزه‌های خارجی تغییر حالت می‌دهند. بهترین آب‌ها، آب چشمه است. آب جاری مطلوب‌تر از آب سرچشمه است. سر باز بودن آب راکد مطلوب نیست. در اکثر حالات، آب سبک از آب سنگین بهتر است. برای سنجش آب‌ها، دو تکه پارچه یا پنبه را که وزن برابر دارند در دو آب جداگانه فرو می‌برند. این دو قطعه خیس شده را می‌فشارند که

* فرد مسئول مکاتبات: gharibzadeh@aut.ac.ir

[Downloaded from jiitm.ir on 2025-07-12]

دیگر آبی پس ندهند، آن‌گاه هر دو قطعه را وزن می‌کنند، قطعه سبک‌تر بهتر است». از این مطالب می‌توان این مطلب را استخراج کرد که دانشمندان ایران پس از اسلام به اهمیت آب تمیز و تصفیه آب پی برده بودند و روش‌هایی برای این عمل ابداع کرده بودند(۲).

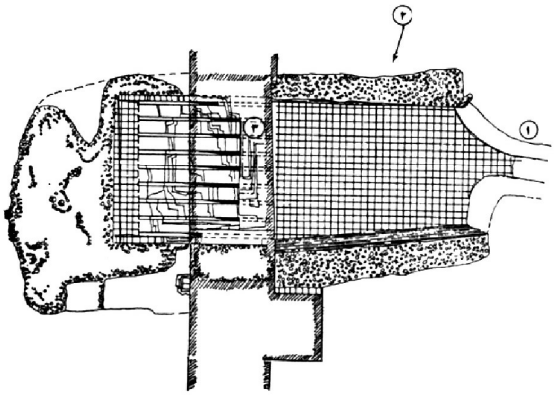
در اروپا در سال ۱٦۸۰ میلادی، اختراع میکروسکوپ توسط آنتونی فون لیوون‌هُک گزارش شده است. این اختراع سبب شد که بشر بتواند موجودات زنده کوچک در یک قطره آب را ببیند. اولین اختراع مربوط به تصفیه آب در سال ۱٦۸۵ میلادی توسط متخصص فیزیک ایتالیایی به نام لو آنتونیو پورزیو ثبت شده است(۳). در سال ۱۹۲۸ میلادی اولین واحد تصفیه‌ی آب در جزایر آنتیل نصب شده است(٤)؛ در حالی که ایرانیان چند هزار سال قبل، این کار را انجام داده‌اند.

نخستین فناوری تصفیه آب که در ایران قدیم استفاده می‌شده، تصفیه‌خانه چغازنبیل است. در این تصفیه‌خانه که در چغازنبیل واقع شده، با استفاده از قوانین فیزیک و مصالحی شامل قیر، آجر و سطوح شیب‌دار آب را تصفیه می‌کردند. آب این تصفیه‌خانه از رودخانه کرخه که در ۵۰ کیلومتری چغازنبیل واقع شده، تأمین می‌شده است. به‌منظور اطلاع بیشتر از روش‌های تصفیه آب در ایران قدیم و مقایسه آن با روش‌های جدید این مقاله تدوین شد.

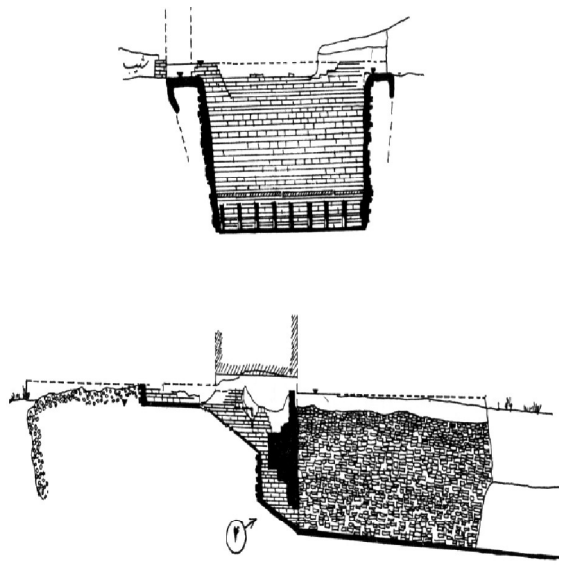
مواد و روش‌ها:

روش تصفیه آب در تصفیه‌خانه چغازنبیل

رومَن گیرشمن (Roman Ghirshman)، باستان‌شناس فرانسوی، این تصفیه‌خانه را کشف کرد [۵]. این دستگاه آب شهر زنگه را تأمین می‌کرده است. مهندسان آن دوران با کندن کانالی، آب رودخانه را به این مرکز می‌رساندند. آب پس از گذشتن از این کانال (شکل۱، شماره ۱) در استخری می‌ریخت (شکل ۱، شماره ۲). دیواره استخر در جهت روبه‌روی کانال واقع شده که از پایین آن ۹ دهنه بنا شده‌اند (شکل ۱، شماره ۳). این دهانه‌ها با آبراهه‌هایی که در شکل دیده می‌شوند (شکل ۲، شماره ٤) به آبگیر (حوض) کوچکی می‌پیوندند.



شکل ۱- نمایی از سیستم تصفیه آب در چغازنبیل



شکل ۲- نمایی دیگر از سیستم تصفیه آب در چغازنبیل

در این استخر لایه‌هایی از ماسه، ریگ و زغال وجود داشته که آب هنگام عبور از لایه‌ها تصفیه می‌شده. آب تصفیه شده از ۹ دهانه در کف استخر که در پایین یکی از دیواره‌ها کار گذاشته شده بودند به درون آبگیر می‌رفت و برابر با قانون ظروف مرتبط از آن بالا می‌آمد.

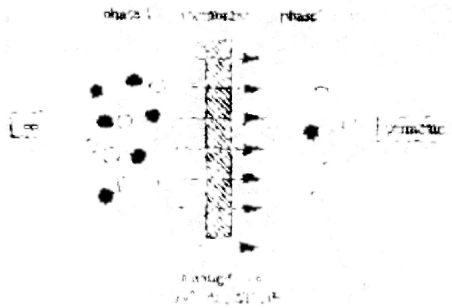
آخرین مرحله تصفیه، کانال‌هایی قرار داشتند که در آن‌ها شبکه‌ای از چوب یا پارچه به صورت فیلترهایی برای جداسازی وجود داشتند. همچنین ماسه‌های تمیزی زیر حوضچه قرار داشته‌اند که مانند فیلتر عمل می‌کردند و آب از

[Downloaded from jiitm.ir on 2025-07-12]

زیر ماسه بیرون می‌آمده و تصفیه فیزیکی انجام می‌شده است(٦).

جداسازی توسط غشاهای زئولیتی

عنصر اصلی در فرآیندهای جداسازی یک سد (مانع) است که بین دو فاز قرار می‌گیرد و عملکرد انتخابی دارد. فرآیندی که قادر به جداسازی ذرات در ابعاد کوچک است، جداسازی توسط غشا نام دارد. فناوری جداسازی غشایی در دهه‌های اخیر رشد چشمگیری داشته است. غشا لایه‌ای نازک است که می‌تواند اجزای یک سیال را به‌طور انتخابی از آن جدا کند. غالباً غشاها به عنوان محیط متخلخل در جداسازی عمل می‌کنند. در یک فرآیند غشایی، جریان خوراک به دو جریان تراوش کرده و نگه‌داشته شده تقسیم می‌شود و با توجه به نوع فرآیند، یکی از آن‌ها محصول است. شکل ۳ نمایی از یک فرآیند غشایی را نشان می‌دهد(۷).



شکل ۳- نمایی از یک فرآیند غشایی [۷]

این واسطه متخلخل در جداسازی از دو مکانیزم کلی بهره می‌گیرد:

۱. جداسازی بر اساس اختلاف اندازه ذرات

۲. جداسازی بر اساس جذب انتخابی روی سطح [۸].

در مکانیزم جداسازی بر اساس اختلاف اندازه ذرات با ایجاد غشایی با اندازه ذرات نانومتری می‌توان ناخالصی‌ها را جدا کرد. معمولاً ماده تشکیل دهنده این غشاها، زئولیت‌ها هستند.

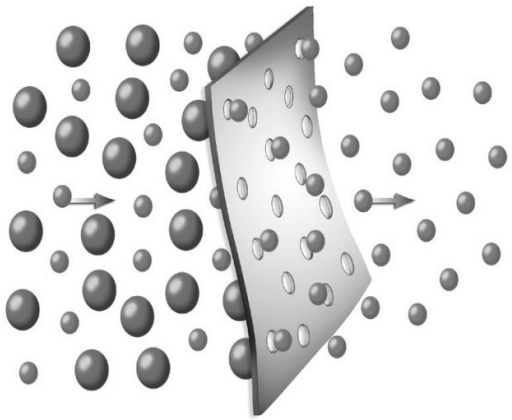
از زئولیت‌ها سال‌ها استفاده می‌شده ولی امروزه با کنترل اندازه ذرات تشکیل دهنده غشا و ایجاد غشاهایی همگن از این مواد، بازدهی بیشتری در جداسازی حاصل شده است. زئولیت‌ها خانواده بزرگی از کانی‌های آلومینو سیلیکاته را تشکیل می‌دهند که از قرن ۱۸ میلادی برای دانشمندان و معدن‌شناسان شناخته شده بودند، ولی تا حدود ۷۰ سال پیش کار علمی یا عملی قابل توجهی روی آن‌ها انجام نشده بود [۹].

به‌طور کلی، ساختمان زئولیت‌ها را می‌توان متشکل از سه جزء چارچوب آلومینو سیلیکاتی، فضاها و حفره‌های به هم متصل حاوی کاتیون‌های قابل تعویض و مولکول‌های آب، که معمولاً آن‌ها را به عنوان یک فاز به دام افتاده و محبوس در نظر می‌گیرند، فرض کرد. شبکه بی‌پایان زئولیت‌ها شامل کانال‌ها و حفره‌های متصل به هم است که به وسیله کاتیون‌ها و مولکول‌های آب پر شده‌اند.

اندازه حفرات زئولیت می‌تواند کوچک، متوسط، بزرگ یا بسیار بزرگ باشد. ساختارهایی با حفرات کوچک دارای حلقه‌های شش، هشت و نه عضوی، ساختارهایی با حفرات متوسط حلقه‌های ده عضوی، زئولیت‌هایی با حفرات بزرگ دارای حلقه‌های دوازده عضوی یا حفرات بسیار بزرگ دارای حلقه‌های چهارده، هجده و بیست عضوی‌اند [۱۰].

حفرات زئولیت‌ها در معرض جریان آب باعث می‌شوند که ذرات کوچک‌تر از حفرات عبور کنند و ذرات بزرگ‌تر از حفرات در پشت آن باقی بمانند.

در شکل ٤ مکانیزم عبور ذرات نشان داده شده است.



شکل ٤- مکانیزم عبور ذرات از درون حفرات و جداسازی توسط غشاهای زئولیتی.

[Downloaded from jiitm.ir on 2025-07-12]

غشاهای زئولیتی از قرار دادن زئولیت‌ها بر پایه‌هایی با جنس‌های مختلف تشکیل می‌شوند.

یکی از روش‌های تصفیه آب که امروزه بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد روش اسمز معکوس است. اسمز معکوس (Reverse osmosis) فرآیندی است که در آن از فشار برای معکوس نمودن جریان اسمزی آب از درون یک غشای نیمه‌تراوا استفاده می‌شود. اگر یک غشای نیمه‌تراوا بین دو محلول آب خالص و آب ناخالص قرار گیرد آب به گونهٔ طبیعی و تحت خاصیت اسمزی از غلظت پایین تر به غلظت بالاتر جریان می‌یابد. این پدیده تا هنگامی که پتانسیل‌های شیمیایی دو طرف برابر شوند ادامه خواهد یافت. در حالت تعادل اختلاف فشار بین دو طرف غشا برابر اختلاف فشار اسمزی است. اگر فشاری برابر با اختلاف فشار اسمزی به محلول غلیظ تر اعمال شود جریان آب قطع خواهد شد. در صورتی که فشار اعمال شده بیشتر از فشار اسمزی باشد، جهت جریان طبیعی آب، معکوس خواهد شد.

در این روش آب با فشار از میان غشایی گذرانده می‌شود که نیترات و سایر مواد معدنی را فیلتر می کند. نیم تا دو سوم آب پشت این غشا باقی می‌ماند که به‌عنوان آب پسمانده دور ریخته می‌شود. سیستم‌های اسمز معکوس با کارآیی بالا از فشارهای در حد یک میلیون پاسکال استفاده می‌کنند.

همچنین بهترین روش نمک‌زدائی از آب‌های شور استفاده از فرآیند اسمز معکوس است، زیرا سیستم پیچیده‌ای نداشته و راهبری آن قابل کنترل‌تر از دیگر روش‌هاست و با توجه به توسعه روش‌های پیشرفته تولید غشاهای پلیمری، به‌کارگیری این روش، توجیه بیشتری دارد.

مقایسه روش تصفیه آب در چغازنبیل و غشاهای زئولیتی

همان‌طور که مشخص است، ایرانیان در تصفیه‌خانه چغازنبیل با استفاده از ماسه، ریگ، زغال و احتمالاً شبکه‌ای از چوب و پارچه عمل تصفیه آب را انجام می‌دادند. این روش بسیار شبیه به روشی است که در حال حاضر برای جداسازی استفاده می‌شود.

ماسه، ریگ، زغال و احتمالاً مجموعه‌ای از چوب و پارچه شبکه‌ای را تشکیل می‌دهند. بین مواد تشکیل‌دهنده این شبکه، فضاهای خالی به وجود می‌آید. ذرات ناخالصی موجود در آب که اندازه‌ای در ابعاد بزرگ دارند، پشت این شبکه باقی می‌مانند و ذرات کوچک‌تر آب از این حفره‌ها عبور می‌کنند. این نوع عملکرد مانند عملکرد غشاهاست. در زئولیت‌ها نیز شبکه‌ای از بلورها قرار دارند که در بین آن‌ها حفره‌هایی ایجاد می‌شود و ناخالصی‌ها را از آب جدا می‌کنند. جدا شدن این ناخالصی‌ها از نظر پزشکی نیز بسیار حائز اهمیت است. از مواردی که در این عملیات از آب جدا می‌شوند، می‌توان به فلزات سنگین اشاره کرد. فلزات سنگین شامل مس، آهن، نیکل و ... است. راهیابی این فلزات به درون بدن باعث ایجاد بیماری‌های متنوعی می‌شود. از این بیماری‌ها می‌توان به پارکینسون و آلزایمر اشاره کرد که به دلیل وجود مس زیاد در بدن ایجاد می‌شوند [۱۱]. همچنین ته‌نشینی فلزاتی مانند مس و آهن در رگ‌ها باعث بیماری MS می‌شود. مقدار زیاد سرب نیز باعث ایجاد اختلال در سیستم تناسلی، کبد و کلیه می‌شود [۱۲].

نتیجه‌گیری:

همان‌طور که در این مقاله اشاره شد، ایرانیان در گذشته بنیان‌گذار روشی بوده‌اند که هم‌اکنون تا حدودی برای تصفیه آب و بسیاری از جداسازی‌ها استفاده می‌شود. این عمل، حالت ابتدایی از روشی است که در حال حاضر استفاده می‌شود و نشانگر پیشرفت علم در آن زمان بوده است. این پیشرفت‌های علمی در گذشته نشان‌دهنده قدرت علمی دانشمندان ایرانی است که در آن زمان در مرزهای دانش قدم برمی‌داشتند. ایرانیان پتانسیل علمی بالایی دارند و می‌توان فاصله‌های به وجود آمده در دانش امروز را در مدت زمانی نسبتاً کوتاه کاهش داد و به علم روز رسید.

[Downloaded from jiitm.ir on 2025-07-12]

References:

۱ . پارك: درس‌نامه پزشكي پيشگيري و اجتماعي، جلد سوم، ترجمه دكتر حسين شجاعي، دانشگاه علوم پزشكي گيلان، ۱۳۷۵، صفحات ۳۰-۲۹.

۲ . ابن‌سينا: قانون، كتاب اول، تعليم دوم، جمله اول، فصل شانزدهم، صفحات ۳۶۱-۳۵۳.

3. Baker, M.N. and Taras, Michael J.: The Quest for Pure Water: The History of the Twentieth Century, 1981, Volume 1 and 2.

4. Olson, Eric: Victorian Water Treatment Enters the 21st Century. Natural Resources Defense Council, Washington, DC, 1994.

5. R Ghirshman: The Ziggurat of Tchoga-Zanbil, Scientific American, 1961, 204, 69-76.

٦ . محمدرضا رئوفي: نخستين و قديمي‌ترين تصفيه‌خانه آب جهان، كتاب ماه علوم و فنون، ۱۳۸۸، ۱٦، ٦٤-٦٦.

7. J. D. Seader, E.J. Henley: Separation process principles, Wiley, 1989, P. 1.

8. E.A. Fouad, H.-J. Bart: Emulsion liquid membrane extraction of zinc by a hollow-fiber contactor, Journal of Membrane Science, 2008, 307, 156-168.

9. Banghao Chen: Investigation of molecular sieve crystallization by dry gel conversion, University of western ontario, London, Ontario, 2007.

10. C. Baerlocher, W. Meier, and D. Olson: Database of Zeolite Structures, International Zeolite Association, http://www.izastructure.org/databases/, 2008, Accessed 13 October.

11. Shaobin Wang, T. Terdkiatburana, M.O. Tade: Adsorption of Cu(II), Pb(II) and humic acid on natural zeolite tuff in single and binary systems, Separation and purification technology, 2008, 62, 64-70.

12. Vassilis J. Inglezakis, Marinos A. Stylianou, Despoina Gkantzou, Maria D. Loizidou: Removal of Pb(II) from aqueous solutions by using clinoptilolite and bentonite as adsorbents, Desalination 2007, 210, 248–256.

[Downloaded from jiitm.ir on 2025-07-12]