

GROUNDWATER REMEDIATION

Abstract: Groundwater is used in agricultural and industrial production, provides drinking water for the population and is a major source for rivers, lakes and wetlands. Nowadays, due to the anthropogenic activities, groundwater quality is deteriorating and they are becoming dangerous and unusable. Remediation of groundwater systems is a process of limiting and preventing pollution and removing pollutants from aquifers. Real groundwater recovery can be achieved through the application of various biological, chemical and physical treatment methods and technologies. Since pollution and the restoration of groundwater systems are major problems of modernity, the main aim of the present study is to identify the potential sources of pollution and the possibilities for their recovery.

Author information:

Kristina Gartsyanova

Asisstant Prof., PhD

National institute of geophysics, geodesy and geography –

BAS

✉ krisimar1979@gmail.com

🌐 Bulgaria

Keywords:

groundwater, remediation, sources of pollution

Въведение

Подземните води са безценният „незабележим“ елемент от хидроложкия цикъл, те са основният източник на питейна вода, а тяхното количество и качество определят мащабите на селскостопанското и промишленото им използване. Терминът „качество“ на подземните води се отнася до техните физични, химични и биологични характеристики, тъй като те определят предназначението на водата. За съжаление подземните водни ресурси се замърсяват основно в резултат от човешки дейности, въпреки че вредните вещества понякога се въвеждат и от естествени процеси. Опазването на качеството на подземните води е от решаващо значение както за здравето на хората така и за околната среда. Това изисква устойчиво управление, което да се основава на едновременното предотвратяване на прекомерната експлоатация на подземните водни ресурси и на тяхното замърсяване. Устойчивите практики за използване на подземните водни системи включват възстановяване на замърсени подземни води и превенция, която защитава целия подземен воден ресурс. С цел прилагане на най-адекватен корективен подход и технологии за физическо, химическо и биологично възстановяване на подземните води от изключителна важност е правилното определяне на геологията, хидрологията, произходът и видовете замърсявания, както и потенциалните замърсители в района. Това налага задълбочено разбиране не само на условията в подземната повърхност, но и на предимствата и недостатъците на възможностите за възстановяване на замърсените подземни води. Неправилният подход често може да доведе до увеличаване на замърсяването.

Настоящата научна разработка е фокусирана върху проучването на възможностите, решенията и методите за възстановяване на замърсени подземни води и превенцията от потенциално влошаване на качеството на подземните водни ресурси.

Замърсяване на подземните води

Водата безспорно е един от най-ценните ресурси, които хората използват от природата, освен това тя е естествена система за поддържане на биоразнообразието. Подземните води представляват част от хидроложкия цикъл на планетата. В глобален, национален и регионален мащаб качеството и количеството на подземните водни ресурси са изключително важни. Понякога замърсяването на подземните води е неизбежно в резултат на засилени антропогенни дейности и прилагането на „недобри“ практики. Освен това постъпването на замърсяващи вещества може да има и природен произход. От тази гледна точка замърсяването може да се разглежда като резултат от човешката дейност или като природен феномен, а замърсителите са чужди или естествени вещества, постъпили в прекомерни количества. Много често влошаването на физичните, химичните и биологичните характеристики на подземните водни системи представляват заплаха за здравето на хората и водят до нарушаване на естествената биосреда за някои растения и животни. Преди да се постави и разгледа въпросът за възстановяването и предотвратяването на замърсяването е необходимо добре да се познава връзката и взаимодействието между подземните и повърхностните води. От една страна ако в близост до източник на замърсяване се намира водоснабдителен кладенец то този кладенец може да се замърси, от друга страна при наличие на замърсени подземни води и близко разположена река или езеро те също биха се намирали в риск от замърсяване. Някои кладенци са изкуствено презареждани с цел попълване на водното количество, но много често на практика това води до повишени концентрации на нитрати, метали, микроби или синтетични химикали във водата. В зависимост от свойствата на замърсяващите вещества някои от тях следват потока на подземните води, а други не. В първия случай е възможно донякъде да се предвиди транспортирането им във водоносните хоризонти. Освен физичните и химичните характеристики на замърсителите върху процеса на тяхното разпространение оказват влияние особеностите на геоложката обстановка и почвените хоризонти. При порести и пропускливи почви, които се характеризират с пренасянето на определени видове замърсители към отдолу залягащите водоносни хоризонти, замърсяващите вещества се концентрирани под формата на „струя“ протичаща по същия начин както подземните води. Подземните води и замърсителите се движат с по-висока скорост през скалните фрактури, които не следват контурите на земната повърхност или хидравличния наклон. Това от своя страна представлява съществен проблем при локализирането и контролирането на замърсяванията [1] В райони с интензивно използване на земята, подземните води са особено уязвими от замърсяване. Почти всяка дейност, при която умишлено или случайно в околната среда могат да бъдат изхвърлени химикали, отпадъци или недостатъчно пречистени отпадъчни води, поставя в риск качеството на подземните води. Промяната на физико-химичните характеристики на подземната вода е резултат от действието на различни по произход (антропогенни и природни), разпространение (точкови и дифузни) и времетраене (непрекъснати и текущи) източници на замърсяване.

Източници на замърсяване на подземните води – антропогенни, природни, точкови и дифузни.

Замърсяването на подземните води от антропогенни източници обикновено включва - изхвърляне на твърди отпадъци, на недостатъчно пречистени промишлени отпадъчни води, прекомерно и неправилно депониране, транспортиране и използване на изкуствени торове, прилагане на пестициди и инсектициди, изхвърляне на продукти и отпадъци от минни дейности и др. Антропогенните източници могат да бъдат предизвикани и от небалансирано изпомпване на подземните водни ресурси, микроклиматични условия, промяна на речните корита. Замърсяващите вещества, които имат антропогенен произход са най-разнообразни и много често са токсични за хората. Подземните води се замърсяват с органични съединения, тежки метали, радионуклиди, въглеродороди, халогени, бифенили, бактерии, вируси, паразити и др.

Подземните водни системи могат да бъдат замърсени и от природни източници като лесно разтворимите скали, интензивно изпарение (особено в плитки водоносни хоризонти), проникване на морска вода, ерозия на почвите, химични процеси във въздуха или във водата и др. Според мястото на постъпване на замърсяващите вещества във подземните водни ресурси източниците се класифицират на точкови и дифузни [2]. Най-често замърсяването на повърхностните води е пряко свързано със замърсяването на подземните води. Сред основните източници на замърсяване са пречиствателните станции за отпадъчни води, които могат да бъдат разположени в градски, промишлени или селскостопански райони. Чрез канализационните системи на населените места във водоносните хоризонти постъпват битови отпадъчни води съдържащи детергенти, перилни препарати, остатъци от храна, мазнини и масла, хартия, амоняк, фосфор и др. В сравнение с битовите отпадъчни води, промишлените съдържат токсични вещества и значително усложняват процеса на тяхното възстановяване. Депата за твърди отпадъци също се считат за важен източник на замърсяване на подземните води. Те замърсяват подземните водни тела основно с азот, хлориди, живак, желязо и др. Сред причините за регистрираните замърсявания от депата за съхранение на отпадъци са - неподходящ дизайн или некачествено изграждане на депото, неправилен избор на мястото за неговото функциониране, некомпетентна характеристика на хидрогеоложките и почвените условия и др. Разработваните находища на рудни, нерудни полезни изкопаеми и въглища също влошават качеството на подземните води. Отпадъчните води от дейността на минните разработки обикновено съдържат минерали на прах, тежки метали и други странични продукти [3, 4]. Дифузните източници на замърсяване на подземните води нямат точно определено място на постъпване на замърсяващите вещества и поради тази причина са трудни за идентифициране, като могат да обхващат големи географски области. Използването на торове и средства за растителна защита в селското стопанство както и отпадъчните продукти от животновъдните комплекси са основни дифузни източници на замърсяване на подземните води. Кладенците много често се използват от земеделските производители с цел повишаване на производителността на обработваемите земи. Това от своя страна води до замърсяване на подземните водни системи чрез внасянето в тях на замърсители от селскостопанския отток. Обичайните замърсители са нитрати, които имат голяма мобилност и могат лесно да се придвижват от ненаситената зона към водоносния хоризонт [5]. В ненаситената зона разтворените вещества се движат вертикално към нивото на земята, а в наситената зона хидравличният наклон предизвиква хоризонтално движение на подземните води и замърсителите. Природното замърсяване на подземните води също попада в категорията на дифузните източници. Видът и концентрацията на различни елементи и примеси в подземните водни ресурси зависят от характера на геоложките материали. Утаените скали и почви обикновено показват наличието на различни съединения като магнезий, калций и хлориди или дори хром в подземните води. Други разтворени съставки като бор, арсен и селен също са открити в подземни водни тела при сравнително високи концентрации. Всички тези елементи могат да се разтворят в подпочвените води [4]

Възстановяване и превенция на подземни води

Прилаганите подходи и технологии за възстановяване на замърсени подземни води могат да подобрят значително тяхното качество. Когато резултатите от извършената оценка на риска в даден район налагат корективни действия е необходимо разработването на стратегия с цел гарантиране, че предвиденият метод за възстановяване отговаря на всички технологични, икономически и регулаторни изисквания. Избраният подход и метод за приложение трябва да бъде гъвкав и адаптивен към специфичните за обекта или района хидрогеоложки и почвени особености. Най-общо методите за възстановяване на замърсени подземни води се разделят на две категории: методи които се прилагат на място (in-situ) и методи извън замърсения участък (ex-situ). Първите обработват замърсените подземни води на място, докато при вторите методи

се налага необходимостта от извличане на замърсените водни ресурси. Методите in-situ много често са икономически изгодни, нарушаването на работната площадка е с ограничен обхват и се отличават с относително висока безопасност на вторично замърсяване на околната среда и ангажираните в проекта специалисти. Успешното прилагане на in-situ методите изисква задълбочено разбиране на хидрогеоложката и почвената обстановка както и произхода и свойствата на замърсяващите вещества. Ex-situ методите на практика третират извлечени замърсени подземни води. Повърхностната обработка може да се извършва или на място, или извън него, в зависимост от специфичните за обекта условия. При прилагането на този методи не е необходимо да се познават в детайли подземните условия. Възстановяването „ex-situ” (чрез извличане) предлага по-лесен контрол и мониторинг по време на осъществяването на корективните дейности [6].

Най-конвенционалният метод за пречистване на подземните води е изпомпването и пречистването. Чрез помпи замърсената подземна вода се изпомпва до пречиствателна станция на повърхността. Този метод е лесен за контрол и функционира с прилагането на доказани техники. Пречистените подземни води могат да се „впръскат” повторно в земята или да се заустват в близки речни системи или езера. Основен недостатък на метода е, че се нарушава естествения начин, по който текат подземните води и се изисква постоянна енергия за третиране на водите. Методът на изпомпването и обработването е относително нерентабилен при отстраняването на полиароматни въглеводороди [7]. През последните години непрекъснато се усъвършенстват технологиите за възстановяване на замърсени подземни води като днес съществуват редица иновативни начини.

„Впръскването на въздух” (air sparging) е съвременен метод за възстановяване на замърсени подземни ресурси особено полезен при отстраняването на летливи органични замърсители. При този метод се впръсква въздух в наситената почвена зона под най-ниското известно ниво на замърсяване. При контакт на въздуха със замърсяващите вещества се достига до разграждането им. В крайна сметка замърсеният въздух се извлича заедно с почвата и се обработва на място [8, 9].

Друг иновативен метод е чрез „взривяване” при който се създават т.н. „разрушени тунели” или силно разрушени участъци чрез детонация на експлозиви в сондажи. Тази технология се използва основно с цел подобряване на скоростта на възстановяване на замърсените подземни води [6].

Методът на „насочените кладенци” се прилага при замърсявания на голяма площ и имат линейно разпространение. Изкопаните или директно пробити сондажи също се използват за мониторинг или възстановяване на подземни води [6].

„Циркулационните кладенци” на подземните води включват създаване на „клетка за циркулация на подземните води”. В резултат на впръскването на въздух или инертен газ в зона на замърсени подземни води се достига до тяхното издигане и разграждане основно на летливите органични замърсители, а също така и на полуетливи органични съединения, пестициди и неорганични вещества. Подземните води се рециркулират през циркуляционен кладенец, докато не бъдат изпълнени целите на възстановяване [6].

Техниките на хидравличното и пневматичното раздробяване увеличат пропускливостта на почвата с цел ускоряване отстраняването на замърсяващите вещества.

Рециркулацията или „промиването” на почвата на място (in situ) изисква инфилтриране на ремедиационен разтвор в замърсената почва или подземните води. Подземните води могат да бъдат допълнително пречистени и евентуално повторно „върнати” във водоносния хоризонт. Този метод се прилага най-успешно в почви с висока пропускливост. Използва се най-вече за отстраняване на различни органични и неорганични замърсители [10].

Стабилизирането и фиксирането на място се изразява в проникването на стабилизиращи агенти в замърсена почва или подземни води. Процесът на практика намалява мобилността на органичните и неорганичните замърсители и се прилага в почви с умерена до висока пропускливост [11].

„Проницаемите активни бариери“ включват комплекс от техники и съоразения за пасивна обработка най-вече на органични и неорганични замърсители. При този метод се използват желязо, микроорганизми, зеолит, активен въглен, торф, бентонит, варовик, и други агенти за пасивно третиране на замърсени подземни води [12, 13].

Техниките за топлинна обработка използват пара, загрята вода, радиочестота или електрическо съпротивление с цел промяна на температурно зависимите свойства на замърсителите, а оттам и тяхното по-лесно отстраняване [11].

Биоразграждането на органичните съединения се постига чрез процеса „Bioslurping“. При него се използва помпа с активен вакуум за да се постигне възстановяване на леката, неводна фазова течност. *Биовъзстановяването* е естествен, активен процес, при който се използват микроби за разграждане на органичните замърсители до по-прости, често и по-малко токсични съединения, чрез аеробни или анаеробни процеси [14].

„Естественото затихване“ на практика представлява типично биовъзстановяване. Той метод разчита на различни физични, химични и биологични процеси, които при благоприятни условия действат без намесата на човека за намаляване на токсичността, мобилността, обема и концентрацията на замърсяващи вещества в почвата или подземните води [11].

Фитовъзстановяването използва растенията за пречистване на околната среда. Тази техника включва: - ризофилтрация, при която корените на растенията абсорбират, концентрират и утаяват тежки метали, - фитоекстракция, при която корените и леторастите на растенията могат да бъдат събрани, а замърсяванията могат да бъдат извлечени, - фитотрансформация, при която растителните тъкани разграждат сложни органични молекули до прости молекули, - фитостимулация (биоремедиация, подпомагана от растенията), - фитостабилизацията, при която растенията абсорбират и утаяват замърсители, главно метали. Фитовъзстановяването като цяло може да се прилага отстраняване на широк спектър от органични и неорганични замърсители. Фиторемедиационните процеси са най-ефективни за големи райони, където замърсителите на подземните води са в сравнително ниски концентрации, но трябва да бъдат възстановени до необходими строги стандарти [11].

В наши дни какъвто и метод да се използва, възстановяването на замърсените подземни води е скъпо мероприятие. Инвестирането в осигуряването на безопасна питейна вода е необходимо както за личното здраве на хората, така и за околната среда. Във връзка с това превенцията на подземните води от замърсяване се очертава като най-евтиното и най-ефективно решение в сравнение с възстановяването. Замърсяването на подземните води може да продължи с години, без да бъде забелязано, а тогава когато е установено се налага изготвянето на ефективен план за предотвратяване. Планът трябва да предвижда редица дейности като – адекватно отвеждане на отпадъчните води (битови и промишлени), правилно използване и поддръжка на септичните системи, безопасно съхранение на опасните материали, химикали и горива, намаляване на използването на инсектициди и пестициди, извършване на периодичен екологичен одит и повишаване на осведомеността на гражданите [15].

Заклучение

Влошаването на качеството на подземните води в резултат от дейността на човека представлява основен екологичен проблем. Подземните водни ресурси са жизненоважни за живота и здравето на хората, развитието на обществото и опазването на природните екосистеми. Източниците на замърсяване на подземните води са многобройни, но по своя произход са антропогенни и природни, а в зависимост от локализацията са точкови и дифузни. Подземните

водни системи се замърсяват основно от постъпването в тях на недостатъчно пречистени отпадъчни промишлени води, от селското стопанство (при неправилното прилагане и прекомерно използване на изкуствени торове) и нахлуването на морска вода в крайбрежните водоносни хоризонти. За възстановяване на замърсени подземни води се прилагат различни традиционни и иновативни технологии и методи. Сред утвърдените и с най-широко приложение са методите на изпомпване и пречистване, биоремедиация, химическо окисляване и термична обработка на замърсителите. Като цяло използваните подходи и методи за „ремедиация“ на подземните водни ресурси се прилагат на място (in-situ) и на дистанция (ex-situ). Понякога използването само на една технология може да се окаже недостатъчна за отстраняване на замърсителите от замърсените подземни водни тела. В тези случаи различни технологии се използват последователно или едновременно с технологията за първично третиране. Превенцията на подземните води от замърсяване напоследък се счита за по-адекватна мярка от възстановителните дейности на подземния воден ресурс, но все още е трудно изпълнима. Сред превантивните мерки са правилното изхвърляне на отпадъци, мониторинг на опасните материали, осъществяването на периодичен контрол и др.

References:

1. Talabi A., T. Kayode. Journal of Water Resource and Protection. Groundwater Pollution and Remediation, 2019. ISSN Online: 1945-3108, ISSN Print: 1945-3094.
2. Kamarudzaman., A., V. Feng, R. Aziz, M. Ab Jalil. Study of Point and Non Point Sources Pollution—A Case Study of Timah Tasoh Lake in Per- lis, Malaysia. 2011, International Conference on Environmental and Computer Science IPCB EE.
3. Giri, S., A. Singh. Human Health Risk Assessment via Drinking Water Pathway Due to Metal Contamination in the Groundwater of Subarnarekha River Basin, India, 2015.
4. Stamatis, G., K. Voudouris, F. Karefilakis. Groundwater Pollution by Heavy Metals in Historical Mining Area of Lavrio, Attica, Greece. 2001, Water, Air & Soil Pollution.
5. Humaira, D., L. Jose. Bridging Divides for Water. 5th World Water (Water Related Migration, Changing Land use and Human settlements), Istanbul, Turkey, 2009. UNW-DPC Publication Series. Knowledge No. 4., 5.
6. Reddy, K. Physical and Chemical Groundwater Remediation Technologies, Chapter 12, in: Overexploitation and Contamination of Shared Groundwater Resources, 2008, Springer Science+Business Media B.V.
7. Cohen, R., J. Mercer, R. Greenwald, M. Beljin. Design Guidelines for Conventional Pump-and-Treat Systems, Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, 1997Ada, Oklahoma.
8. Reddy, K., J. Adams. Cleanup of chemical spills using air sparging, Chapter 14, in: Hand Book of Chemical Spill Technologies, 2001, Mc-Graw Hill Company.
9. Reddy, K., S. Kosgi, J. Zhou., A Review of in situ air sparging for the remediation of VOC-contaminated saturated soils and groundwater, Hazardous Waste and Hazardous Materials, 1995.
10. Roote, D. S., 1997, In-situ Flushing, Technology Overview Report, Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center.
11. <http://www.gwrtac.org>.
12. USEPA. Assessment of Barrier Containment Technologies, International Containment Technology Workshop, 1995, Baltimore, Maryland.
13. USEPA. Permeable Reactive Barrier Technologies for Contaminant Remediation, 1998b. Washington, D.C.
14. Cauwenberghe, L., D. Roote., In Situ Bioremediation, Technology Overview Report, 1998, Groundwater Remediation Technologies Analysis Center, Pittsburgh, PA.
15. Postigo, C., D.Martinez, S. Grondona, K. Miglioranza. Ground-water Pollution: Sources, Mechanisms and Prevention, 2018.