

УДК 556.383/388:504(571.1)

А. П. Белоусова

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Приведена методика оценки устойчивости ресурсов подземных вод к антропогенной нагрузке, к водоотбору пресных подземных вод, а также результаты этой оценки для различных по масштабу регионов страны – федерального округа, артезианского бассейна, области. Оценка проводилась с использованием разработанной автором системы индикаторов и индексов устойчивости ресурсов подземных вод под воздействием на них водоотбора.

This article presents a method to assess the resistance of groundwater resources to anthropogenic impact and the fresh groundwater withdrawal as well as the results of such assessment for different territories of the country ranging from a federal district or a region to an artesian basin. The assessment was carried out with the help of the system of indicators and indexes of groundwater resource sustainability under the influence of groundwater withdrawal developed by the author.

Ключевые слова: ресурсы подземных вод, устойчивость, прогнозные ресурсы, эксплуатационные запасы, индикаторы и индексы.

Key words: groundwater resources, sustainability, predicted resources, usable resources, indicators and indexes.

Устойчивость – внутренне присущая системе способность противостоять изменениям (в данном случае водоотбору из водоносных горизонтов). Оценка устойчивости ресурсов подземных вод проводилась для различных регионов страны и артезианских бассейнов подземных вод [1; 2] путем обработки данных мониторинга за подземными водами, публикуемыми в информационных бюллетенях «О состоянии недр на территории Российской Федерации» [3]. В связи с этим использовались и те понятия, которые приведены в данных бюллетенях за 2006 – 2008 гг.:

– под **прогнозными ресурсами** понимается возможный максимальный отбор подземных вод при размещении водозаборных сооружений на всей площади распространения водоносных горизонтов при заданном расчетном сроке эксплуатации и величине понижения уровня;

– под **эксплуатационными запасами** подземных вод понимаются запасы, оцененные на месторождении подземных вод и их участках, прошедшие государственную экспертизу, т.е. эксплуатационные запасы представляют собой разведанную и изученную часть прогнозных ресурсов подземных вод территории.

Общим при разработке индикаторов окружающей среды в ЮНЕП и странах Европы является выделение трех типов индикаторов: *воздействия*, характеризующих воздействие на окружающую среду или ее компоненты различных факторов; *состояния*, описывающих состояние различных элементов окружающей среды под влиянием воздействия, и *отклика*, обосновывающих меры для оздоровления окружающей среды [1; 2].

Следует принять следующие определения [1; 2]:

индикатор – атрибутивный показатель состояния окружающей среды или ее компонента, фиксирующий наличие воздействия (загрязнение, истощение и т.д.) на них и отклик на это воздействие;

индекс – количественная характеристика индикатора, описывающая степень устойчивости окружающей среды к негативному воздействию природных и антропогенных факторов и необходимые решения и меры по возвращению окружающей среды к устойчивому состоянию (развитию). Индекс может выражаться простой безразмерной величиной, комплексным безразмерным параметром и многодисциплинарным соотношением.

Оценка устойчивости ресурсов подземных вод проводилась с использованием разработанных автором индикаторов устойчивости ресурсов подземных вод к антропогенной нагрузке [1; 2], приводимых ниже.

Формирование структуры данных индикатора основывалось на различных комбинациях величин (наблюдения за ними приведены в [3]) – в зависимости от величины эксплуатационных запасов подземных вод, которые могут быть отобраны в процессе эксплуатации водозаборов, что характеризует степень техногенной нагрузки на ресурсы подземных вод; индикатор состояния



формировался по отношению к природным ресурсам и описывает изменения их состояния в процессе водоотбора.

Индикаторы и индексы устойчивости ресурсов подземных вод (количественная составляющая)

Индикатор воздействия – эксплуатация водоносных горизонтов (водопотребление, водоотбор).

Индексы – количественные характеристики водоотбора и водопотребления:

– *индекс водопотребления* ресурсов подземных вод равен отношению их добычи и эксплуатационных запасов;

– *индекс освоения* равен отношению степени использования ресурсов подземных вод и их эксплуатационных запасов;

– *индекс потерь* равен разности между единицей и отношением степени использования ресурсов подземных вод и их добычи;

– *индекс удельного обеспечения эксплуатационными запасами* равен отношению среднего обеспечения запасами по федеральным округам или другим объектам (отношение эксплуатационных запасов подземных вод по федеральному округу, артезианскому бассейну, области и численности населения в этом объекте) к отношению эксплуатационных запасов на одного человека по Российской Федерации (соотношение эксплуатационных запасов подземных вод по РФ и численности населения в РФ);

– *индекс удельного водопотребления* равен отношению среднего водопотребления по федеральным округам или другим объектам (отношение степени использования подземных вод по федеральному округу, артезианскому бассейну, области и численности населения в этом объекте) и среднего потребления воды на одного человека по Российской Федерации (отношение степени использования подземных вод по РФ и численности населения в РФ).

Индикатор состояния – водообеспеченность и использование ресурсов пресных подземных вод.

Индексы:

– *индекс освоения* (перспективного водообеспечения) равен отношению эксплуатационных запасов подземных и их прогнозных ресурсов;

– *индекс существующего водообеспечения* равен отношению добычи подземных вод и их прогнозных ресурсов;

– *индекс использования* равен отношению степени использования подземных вод и прогнозных ресурсов;

– *индекс удельного водообеспечения* равен отношению среднего обеспечения прогнозными ресурсами подземных вод на одного человека по федеральным округам или другим объектам и обеспечения на одного человека по Российской Федерации.

Индексы, характеризующие индикаторы воздействия и состояния, являются величинами безразмерными, сформированы по одному принципу, как отношения величин одной размерности (частное от деления, например, добычи подземных вод на величину прогнозных ресурсов; значения величин приведены в [3]), кроме индексов удельного водопотребления и водообеспечения, которые составлялись через промежуточные расчеты, а затем сравнивались со средней величиной. Поэтому в дальнейшем проводилась оценка устойчивости ресурсов подземных вод путем суммирования индикаторов воздействия (среднеарифметическая величина трех индексов) и состояния (среднеарифметическая величина трех значений индексов), исключая индексы удельного водопотребления и водообеспечения.

Для оценки степени воздействия на ресурсы подземных вод хозяйственно-питьевого назначения и степени устойчивости их состояния введена шкала категорий (табл. 1). Количественная характеристика этих категорий варьирует в пределах $1 < 0 > 1$.

Таблица 1

Категории степени воздействия на ресурсы подземных вод, степени устойчивости их состояния и индекса их удельного водопотребления – водообеспечения на 1 человека

Индикатор воздействия – степень воздействия	Категория	Индикатор состояния – степень устойчивости состояния
>1	<i>Чрезвычайно высокая</i>	0,00 – 0,25
0,75 – 1,00	Очень высокая	0,25 – 0,50
0,50 – 0,75	Высокая	0,50 – 0,75
0,25 – 0,50	Средняя	0,75 – 1,00



0,00 – 0,25	Низкая Чрезвычайно низкая	>1
-------------	------------------------------	----

Характеристика устойчивости ресурсов подземных вод к антропогенной нагрузке по артезианским бассейнам

Как видно из таблицы 2, степень антропогенного воздействия на ресурсы подземных вод в артезианских бассейнах характеризуется двумя индексами: водопотребления и освоения. В целом изучаемый регион (ЕТР) характеризуется средней степенью водопотребления, а Донецкий и Балтийский бассейны отличает чрезвычайно высокое водопотребление, когда добыча подземных вод превышает их эксплуатационные запасы. Изучаемый регион также характеризуется низкой степенью освоения ресурсов подземных вод, исключение составляют Днепрово-Донецкий, Донецко-Днепровский бассейны, где степень освоения увеличивается до средней, а в Донецком и Балтийском бассейнах до высокой.

Таблица 2

Индексы, характеризующие индикатор воздействия (на 01.01.2006 г.)

Артезианские бассейны подземных вод	Индекс водопотребления подземных вод (добыча/запасы)	Индекс освоения (использование/добыча)	Индекс условного водопотребления (млн человек)
Предкавказский	0,26	0,12	54,91
Азово-Кубанский	0,39	0,21	18,96
Восточно-Предкавказский	0,20	0,06	34,75
Донецкий	3,13	0,35	0,32
Балтийско-Польский	0,30	0,18	2,98
Калининградский	0,30	0,18	2,98
Ленинградский	0,46	0,19	7,61
Московский	0,33	0,20	128,52
Днепрово-Донецкий	0,40	0,25	16,65
Днепровский	0,31	0,11	4,72
Донецко-Донской	0,43	0,31	11,94
Северо-Каспийский	0,25	0,01	1,11
Эмбенский	0,07	0,001	0,94
Балтийский	2,86	0,48	0,97
Кавказский	0,27	0,21	20,62

Характеристика индикатора состояния ресурсов подземных вод приведена в таблице 3.

Таблица 3

Индексы, характеризующие индикатор состояния (на 01.01.2006 г.)

Артезианские бассейны подземных вод	Индекс обеспечения подземных вод (эксплуатационные запасы/прогнозные ресурсы)	Индекс существующего водобеспечения (добыча/ресурсы)	Индекс использования (использование/ресурсы)	Индекс условного водобеспечения (млн человек)



Предкавказский	0,47 (0,53)	0,12	0,13	116,95
Азово-Кубанский	0,39 (0,61)	0,15	0,15	49,15
Восточно-Предкавказский	0,56 (0,44)	0,11	0,11	61,58
Донецкий	0,58 (0,42)	1,99	1,99	0,56
Балтийско-Польский	0,12 (0,88)	0,03	0,03	25,42
Калининградский	0,12 (0,88)	0,03	0,03	25,42
Ленинградский	0,11 (0,89)	0,05	0,05	67,23
Московский	0,49 (0,51)	0,16	0,16	264,97
Днепрово-Донецкий	0,43 (0,57)	0,17	0,17	38,42
Днепровский	0,24 (0,76)	0,07	0,07	19,77
Донецко-Донской	0,64 (0,36)	0,28	0,28	18,64
Северо-Каспийский	0,12 (0,88)	0,03	0,03	9,60
Эмбенский	0,12 (0,88)	0,01	0,01	7,91
Балтийский	0,04 (0,96)	0,11	0,10	25,99
Кавказский	0,49 (0,51)	0,12	0,13	42,37

Большая часть территории характеризуется очень высокой степенью обеспечения ресурсами подземных вод, высокой – Азово-Кубанский, Московский, Днепрово-Донецкий, Кавказский бассейны, а средней степенью отличаются Восточно-Предкавказский, Донецкий, Донецко-Донской артезианские бассейны. Практически вся изучаемая территория отличается очень высокой степенью существующего водообеспечения и перспективного использования ресурсов подземных вод, и только Донецко-Донской артезианский бассейн характеризуется высокой степенью существующего водообеспечения и перспективного использования ресурсов подземных вод, а Донской – чрезвычайно низкой степенью из-за превышения добычи над прогнозными ресурсами подземных вод (возможно, были допущены ошибки при оценке ресурсов и запасов подземных вод или имеет место переэксплуатация водоносных горизонтов).

Степень устойчивости ресурсов подземных вод (табл. 4) к антропогенному воздействию практически на всей территории очень высокая, а Восточно-Предкавказский, Московский, Днепрово-Донецкий, Кавказский бассейны характеризуются высокой устойчивостью, и только Донецкий бассейн отличается чрезвычайно низкой устойчивостью ресурсов подземных вод к антропогенному воздействию.

Таблица 4

**Суммарная характеристика индикаторов воздействия и состояния
(на 01.01.2006 г.)**

Артезианские бассейны подземных вод	Суммарное значение индикатора воздействия (без условного водопотребления)	Суммарное значение индикатора состояния (без индекса условного водообеспечения)
Предкавказский	0,20	0,24
Азово-Кубанский	0,30	0,23
Восточно-Предкавказский	0,13	0,26
Донецкий	1,74 (3,13)	1,52 (2,00)
Балтийско-Польский	0,24	0,06
Калининградский	0,24	0,06
Ленинградский	0,33	0,07
Московский	0,27	0,27
Днепрово-Донецкий	0,32	0,26
Днепровский	0,21	0,13
Донецко-Донской	0,37	0,40
Северо-Каспийский	0,13	0,06
Эмбенский	0,03	0,05
Балтийский	1,67 (2,86)	0,09
Кавказский	0,24	0,25

**Характеристика устойчивости ресурсов подземных вод
к антропогенной нагрузке по областям РФ**



Как видно из характеристики устойчивости состояния ресурсов подземных вод по артезианским бассейнам, в двух из них – Донецком и Балтийском – наблюдаются значительные отклонения в степени устойчивости по сравнению с другими бассейнами и в среднем по РФ.

Степень воздействия антропогенной нагрузки на ресурсы подземных вод **Центрального округа** распределяется следующим образом: низкая (Брянская, Владимирская, Ивановская, Калужская, Костромская, Курская, Липецкая, Московская, Орловская, Тверская и Ярославская области), средняя (Белгородская, Воронежская, Рязанская, Смоленская, Тамбовская и Тульская области). **Степень устойчивости** подземных вод к антропогенному воздействию следующая: чрезвычайно высокая (Белгородская, Брянская, Ивановская, Костромская, Курская, Липецкая, Орловская, Рязанская, Смоленская, Тамбовская, Тверская, Тульская и Ярославская), высокая (Владимирская, Воронежская, Калужская области), исключение составляет Московская область, которая характеризуется средним значением суммарного индикатора, но при этом отдельные индексы достигают значений чрезвычайно низкой устойчивости. Суммарный индекс удельного обеспечения и водопотребления показал, что практически все субъекты этого округа потребляют подземных вод (на одного человека) больше, чем в среднем по стране, за исключением Ивановской и Костромской областей. Индекс удельного водообеспечения изменяется от очень высокого (Смоленская, Тамбовская, Тверская области) и высокого (Белгородская, Брянская, Липецкая, Орловская, Рязанская и Тульская области) до среднего (Владимирская, Воронежская, Ивановская, Костромская, Курская) и низкого (Московская и Ярославская области).

Степень воздействия на ресурсы подземных вод **Северо-Западного округа** характеризуется следующим образом: чрезвычайно высокая (Вологодская и Мурманская области), высокая (Республика Карелия, Новгородская область), средняя (Республика Коми, Архангельская, Псковская области, Ленинградская область и Санкт-Петербург), низкая (Калининградская область и Ненецкий АО). **Устойчивость ресурсов подземных вод** на территории округа преимущественно чрезвычайно высокая (Калининградская область – высокая), и только Мурманская область суммарно характеризуется средней, но по отдельным индексам относится к чрезвычайно низкой устойчивости. Суммарный индекс удельного обеспечения и водопотребления только в Республике Коми и Ненецком АО превышает средний по стране, а индекс удельного водообеспечения выше среднего по РФ в Республике Коми, Архангельской, Вологодской, Новгородской, Псковской областях и Ненецком АО.

Степень воздействия на ресурсы подземных вод в **Южном и Северо-Кавказском округах** изменяется следующим образом: низкая (Республики Кабардино-Балкарская, Калмыкия, Карачаево-Черкесская и Чеченская, Ставропольский край, Астраханская и Волгоградская области), средняя (Республики Адыгея, Дагестан, Северная Осетия-Алания, Краснодарский край и Ростовская область), и только Республика Ингушетия характеризуется чрезвычайно высокой степенью воздействия на ресурсы подземных вод. **Устойчивость ресурсов подземных вод** преимущественно чрезвычайно высокая (Республики Адыгея, Ингушетия, Кабардино-Балкарская, Северная Осетия-Алания, и Чеченская, Астраханская, Волгоградская и Ростовская области), высокая (Краснодарский край); чрезвычайно низкой устойчивостью по отдельным индексам характеризуются ресурсы подземных вод Республик Калмыкия, Карачаево-Черкесской и Ставропольского края. **Удельное обеспечение и водопотребление** превышает среднее по стране в Республиках Адыгея, Кабардино-Балкарской, Карачаево-Черкесской, Северная Осетия-Алания и Чеченской, Краснодарском крае. **Удельное водообеспечение** превышает среднее по стране в Республиках Ингушетия, Кабардино-Балкария, Северная Осетия-Алания и Чеченская.

Вышеприведенная оценка устойчивости ресурсов подземных вод к антропогенному воздействию (водоотбору) по федеральным округам страны показала достаточно благоприятную ситуацию по всем характеристикам (воздействие, состояние, устойчивость). При увеличении масштаба исследований уже можно отметить, что ситуация в изучаемых артезианских бассейнах (Донецком, Днепрово-Донецком и Днепрово-Донском, Балтийском) в некоторой степени ухудшается, изучение конкретных областей страны, расположенных в этих бассейнах (Мурманская, Брянская, Курская и др.), также свидетельствует об увеличении степени антропогенного воздействия на ресурсы подземных вод по сравнению с другими областями России [1; 2]. По мере дальнейшего укрупнения исследований, при переходе к отдельным водозаборам на территории этих областей видна далеко не благополучная ситуация с ресурсами подземных вод.

Приведенная выше характеристика современного состояния ресурсов питьевых подземных вод ЕТР, их использования и охраны позволяет **рекомендовать следующие мероприятия.**



- Оценка ресурсного потенциала питьевых подземных вод (переоценка прогнозных ресурсов) Днепровского, Балтийского и других артезианских бассейнов с учетом взаимодействия существующих и проектируемых водозаборов и водопонижительных установок.
- Оценка современного состояния месторождений подземных вод и переоценка их эксплуатационных запасов.
- Оценка эксплуатационных запасов подземных вод на участках действующих водозаборов.
- Организация зон санитарной охраны на водозаборах, не имеющих этих зон.
- Осуществление мероприятий по охране подземных вод, включая ликвидацию выполнивших свое назначение поисковых, разведочных и водозаборных скважин, улучшение экологической обстановки в областях питания водозаборов подземных вод и т. д.
- Проведение мониторинга подземных вод на всех действующих водозаборах.

Список литературы

1. Белоусова А.П. Оценка устойчивости ресурсов подземных вод пограничных регионов России к антропогенной нагрузке // Водочистка, водоподготовка, водоснабжение. 2008. №11. С. 46–55.
2. Белоусова А.П. Региональные особенности устойчивости ресурсов подземных вод в России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2009. №6. С. 57–64.
3. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2006 г. Вып. 30. М., 2007.

Об авторе

Анна Павловна Белоусова — д-р геогр. наук, проф., гл. науч. сотр. Института водных проблем РАН, e-mail: anabel@aqua.laser.ru

Author

Prof. Anna Belousova, leading research fellow, Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, e-mail: anabel@aqua.laser.ru