

УДК 502/504 : 631.6 : 556.114

В. И. ЗАНОСОВА, С. В. МАКАРЫЧЕВ, С. А. ПАВЛОВ

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Алтайский государственный аграрный университет», Барнаул

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОРОСИТЕЛЬНЫХ ВОД ЮЖНО-ПРИАЛЕЙСКОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

В Алтайском крае накоплен значительный опыт проведения различных видов мелиорации сельскохозяйственных земель, важнейшим из которых является орошение. Поэтому комплексная оценка ирригационных свойств подземных вод, приуроченных к широко используемым водоносным горизонтам и комплексам, весьма актуальна.

Комплексная оценка ирригационных свойств подземных вод, водоносные горизонты, мелиорация сельскохозяйственных земель, Южно-Приалейская степь, оросительная вода, минерализация.

In the Altay territory a considerable experience has been accumulated for carrying out different kinds of agricultural lands reclamation, the most important of which is irrigation. Therefore a complex assessment of irrigation properties of the underground water relating to the widely used water bearing horizons and complexes is quite urgent.

Complex assessment of irrigation properties of underground water, water bearing horizons, reclamation of agricultural lands, The South – Prialejskaya steppe, irrigating water, mineralization.

Из общей площади сельскохозяйственных угодий Алтайского края 10,9 млн га орошаемые земли не превышают 50 тыс. га. В последние годы мелиоративное строительство на территории региона – составляющая часть водного хозяйства – характеризуется снижением объемов инвестиций, что объясняется экономической ситуацией в стране. Тем не менее гидромелиорация остается основным средством интенсификации земледелия, особенно в степных зонах, подверженных постоянным засухам. Орошаемые земли края расположены преимущественно в зоне южных и обыкновенных черноземов Южно-Приалейской провинции, занимающей 4397,8 тыс. га [1].

По гидрогеологическому районированию рассматриваемая территория принадлежит к Верхнеобскому артезианскому бассейну, являющемуся структурой второго порядка Западно-Сибирского артезианского мегарегиона. В Верхнеобском артезианском бассейне, который занимает площадь около 110 тыс. км², сосредоточены ресурсы подземных вод в объеме 15 км³/год.

Гидрогеологические условия в бассейне отличаются большим разнообразием и сложностью. Отдельные его части имеют разную глубину залегания подземных вод, неодинаковую степень минерализации и химический состав, разнообразие водоносных горизонтов и общих ресурсов воды (табл. 1) [2].

Объектом исследований, проведенных авторами, были подземные воды верхнего гидрогеологического этажа в толще палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений, характеризующихся свободным водообменом. Подземные воды Южно-Приалейской степи рассматривались в разрезе региональной ландшафтной структуры, которая лежит в основе природно-мелиоративного районирования территории.

Целью исследований являлось выявление наиболее пригодных с точки зрения качества водоносных горизонтов при выборе водосточника для проектирования гидромелиоративных систем. Для оценки ирригационных свойств воды был произведен отбор более 200 водных проб в 16 районах, а также использованы данные химического

Таблица 1

Характеристика основных водоносных горизонтов и комплексов

Индекс геологического возраста	Водоносный горизонт или комплекс, выделенный в отложениях	Площадь распространения, км ²	Мощность водоносного пласта, м	Напор над кровлей пласта, м	Коэффициент водопроводимости, м ² /сут	Пределы изменения модуля потенциальных эксплуатационных ресурсов, л/с·км ²
Q ₁₁₋₁₁₁ ks	Водоносный горизонт средне- и верхнечетвертичных аллювиальных отложений касмалинской свиты	3 500	5...10	0...3	10...20	$\frac{-}{1,06}$
Q ₁₁ kln	Водоносный горизонт среднечетвертичных отложений кулундинской свиты	14 650	5...25	0...10	100...400	$\frac{1,4...1,69}{1,5}$
N ₂ kc	Водоносный горизонт среднего и верхнего плиоцена аллювиально-озерных отложений кочковской свиты	75 690	10-30	10...100	10...400	$\frac{0,98...1,24}{1,04}$
N ₁₋₂ pv, N _{1tv}	Водоносный горизонт нижне- и среднеплиоценовых озерно-аллювиальных отложений павлодарской свиты и верхнемиоценовых таволжанской свиты	87 460	10...40	30...150	20...400	$\frac{0,9...1,3}{1,1}$
P ₃ (сqr, zn)	Водоносный комплекс верхнеолигоценовых озерно-аллювиальных отложений чаграйской, знаменской свит	87 970	10...20	100...200	15...250	$\frac{0,01...0,04}{0,02}$
P ₃ (at + nm)	Водоносный горизонт нижне- и среднеолигоценовых отложений атлымской и новомихайловской свит	68 080	20...50	120...300	50...100	$\frac{0,15...1,6}{0,69}$
K ₁₋₂	Водоносный комплекс нижне- и верхнемеловых морских и континентальных отложений	59 327	40...150	180...600	100...1000	$\frac{0,1...0,22}{0,16}$

Примечание: в знаменателе среднее значение модуля.

состава подземных вод по учетным карточкам более 500 буровых скважин, расположенных на территории края. Программой научных исследований предусматривался разовый способ отбора проб воды, который позволил получить общие представления о качестве воды в водоисточнике. Для сохранения компонентов, определяемых в воде, и ее свойств в том состоянии, в котором они находились в момент взятия пробы, применялось консервирование [3].

Математическая обработка результатов экспериментальных исследований химического состава поливной воды основана на систематизации, классифи-

кации и анализе полученной информации методами табличного и графического отображения.

Известно, что для нормального функционирования агроэкосистемы требуется вода, безвредная по содержанию химических веществ, биологически полноценная по составу макро- и микроэлементов. В соответствии с агрономическими критериями нормированию подлежала система показателей качества оросительной воды, состоящая из двух групп. Первая группа характеризовала свойства воды и содержание веществ, необходимых (в определенных количествах) для нормального

функционирования агроэкосистемы, вторая – свойства воды и содержание веществ, оказывающих негативное воздействие на функционирование отдельных компонентов агроэкосистемы. Для оценки пригодности подземных вод в целях орошения с учетом свойств почв

и солеустойчивости сельскохозяйственных культур использовали две классификации оросительных вод [4]. Первая включает четыре класса оросительной воды применительно к почвам с различным гранулометрическим составом и емкостью поглощения (табл. 2).

Таблица 2

Оценка качества оросительной воды по минерализации

Класс воды	Минерализация воды для орошения почв		
	С тяжелым гранулометрическим составом и ППК > 30 мг-экв/100 г почвы	Со средним гранулометрическим составом и ППК 15...30 мг-экв/100 г почвы	С легким гранулометрическим составом и ППК < 15 мг-экв/100 г почвы
I	0,2...0,5	0,2...0,6	0,2...0,7
II	0,5...0,8	0,6...1,0	0,7...1,2
III	0,8...1,2	1,0...1,5	1,2...2,0
IV	> 1,2	> 1,5	> 2,0

Для оценки качества оросительной воды с учетом солеустойчивости сель-

скохозяйственных культур служит вторая классификация (табл. 3).

Таблица 3

Оценка качества оросительной воды по опасности развития негативных процессов

Группа воды	Группа воды по степени опасности развития процессов			
	хлоридного засоления	натриевого осолонцевания	магниевого осолонцевания	содообразования
	Cl ⁻ , мг-экв/л	Ca ²⁺ /Na ⁺ , мг-экв/л	Ca ²⁺ /Mg ²⁺ , мг-экв/л	(CO ₃ ²⁻ +HCO ₃ ⁻)-(Ca ²⁺ +Mg ²⁺), мг-экв/л
I	< 2,0	> 2,0	> 1,0	< 1,0
II	2,0...4,0	2,0...1,0	1,0...0,7	1,0...1,25
III	4,0...10,0	1,0...0,5	0,7...0,4	1,25...2,5
IV	> 10,0	< 0,5	< 0,4	> 2,5

Следует отметить, что классы и группы воды равнозначны. Понижение качества воды по одному из показателей приводит к соответствующему понижению класса. Применение воды класса I не имеет ограничений, II, III и IV классов – обусловлено ограничениями, число которых возрастает к IV классу. При использовании воды III и IV классов для орошения почв с высоким естественным плодородием необходима предварительная подготовка воды (деминерализация, детоксикация, химическая мелиорация и т. д.) и проведение комплекса агромериторативных мероприятий.

При проведении исследований учитывалось существующее природно-мелиоративное районирование террито-

рии, основанное на общих закономерностях геолого-геоморфологического строения и биоклиматических условий.

Согласно принятой методике, оценка качества подземных вод проводилась по общей минерализации в зависимости от гранулометрического состава почв и величины их поглощающего комплекса (ППК), в результате чего был определен класс воды. Класс пригодности подземных вод для орошения в зависимости от возможности развития негативных почвенных процессов оценен по соотношению главных ионов. Ниже приведена характеристика подземных вод, широко используемых для орошения.

Подземные воды неоген-четвертичного возраста достаточно интенсивно

эксплуатируются для локального орошения и обводнения территории, несмотря на разнообразие их макрокомпонентного состава и минерализации.

Минерализация подземных вод оцененной части комплекса изменяется в пределах от 0,20 до 5,44 г/л, преобладающая минерализация составляет от 0,8 до 1,5 г/л. При этом пресные воды приурочены либо к линзам обводненных песков в отложениях красnodубровской свиты, либо к отложениям кулундинской свиты.

Результаты анализа показали, что по величине минерализации большая часть проб воды (57 %) относится к IV классу при использовании ее на почвах с тяжелым гранулометрическим составом и ППК более 30. К II и III классу относятся соответственно 21 и 15 % проб воды, и только 7 % проб соответствует I классу воды. При поливе среднесуглинистых почв, имеющих

ППК выше 15...30, более одной трети (36 %) проб относится к IV классу, а доля проб, отнесенных к I, II, и III классу, возрастает и составляет соответственно 15, 22 и 27 %.

При орошении легких суглинков, имеющих ППК выше 15...30, большая часть проб воды относится к III и II классам (42 и 41 % соответственно). Первому классу оросительных вод соответствует 21 % проб.

Учитывая весьма разнообразный химический состав и минерализацию подземных вод неоген-четвертичного возраста, можно сделать заключение, что по сумме показателей вода комплекса является ограниченно пригодной для орошения на всей рассматриваемой территории из-за возможности развития процессов хлоридного засоления и натриевого осолонцевания (табл. 4).

Водоносный горизонт *верхнеплиоценовых отложений кочковской свиты*

Таблица 4

Класс пригодности подземных вод для орошения

Негативные почвенные процессы, связанные с качеством поливной воды	Распределение проб воды, %, по классам пригодности			
	I	II	III	IV
Неоген-четвертичный водоносный комплекс				
Хлоридное засоление	26	19	33	22
Натриевое осолонцевание	12	24	17	36
Магниевое осолонцевание	56	24	17	3
Содообразование	74	2	10	14
Водоносный горизонт верхнеплиоценовых отложений кочковской свиты				
Хлоридное засоление	23	16	39	29
Натриевое осолонцевание	34	20	16	30
Магниевое осолонцевание	40	31	25	4
Содообразование	93	—	1	6
Водоносный горизонт ниже- и среднеплиоценовых отложений павлодарской свиты				
Хлоридное засоление	17	24	44	15
Натриевое осолонцевание	12	29	19	39
Магниевое осолонцевание	50	15	20	15
Содообразование	83	10	7	—
Водоносный горизонт с верхнемиоценовым отложением таволжанской свиты				
Хлоридное засоление	28	11	39	22
Натриевое осолонцевание	28	31	30	11
Магниевое осолонцевание	29	53	18	—
Содообразование	89	6	5	—

прослеживается только в восточной части Южно-Приалейской провинции. Результаты анализа показали, что минерализация подземных вод изменяется от 0,13 до 3,14 г/л, причем максимальные значения отмечены по границе выклинивания горизонта.

По величине минерализации более половины (53 %) проб воды относится к IV классу при использовании ее на почвах с тяжелым гранулометрическим составом и ППК выше 30. Более трети проб (15 и 21 %) соответствует I и II классам качества воды и только 11 %

проб относится к III классу воды.

При орошении среднесуглинистых почв, имеющих ППК выше 15...30, более одной трети (37 %) проб относится к IV классу, а доля проб, отнесенных к I, II и III классу, возрастает и составляет соответственно 25, 16 и 22 %.

Большая часть проб воды (39 %) для полива легкосуглинистых почв, имеющих ППК ниже 15, относится к III классу. Первому классу оросительных вод соответствует 29 % проб. К II и IV классам относится 20 и 12 % соответственно.

Таким образом, подземные воды оцениваемого водоносного горизонта, пресные или слабосоленоватые, требуют определенного подхода с учетом всего комплекса условий их использования.

Выполненный анализ макрокомпонентного состава воды свидетельствует, что при орошении водами невысокой минерализации возникает опасность натриевого осолонцевания почв, заключающегося в замене в обменном комплексе почвы двухвалентных ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} на одновалентные ионы Na^+ .

Подземные воды, приуроченные к водоносному горизонту *нижне- и среднеплиоценовых отложений павлодарской свиты*, имеют практически повсеместное распространение и широко используются для орошения земель.

Минерализация подземных вод изменяется от 0,32 до 2,94 г/л. Анализ проб воды по величине минерализации показал, что при использовании ее на почвах с тяжелым гранулометрическим составом и ППК выше 30 I классу соответствует только 10 % проб воды. На среднесуглинистых почвах, имеющих ППК ниже 15...30, количество проб возрастает до 15 %, и при орошении легких суглинков, имеющих ППК ниже 15, количество проб достигает 27 %.

К промежуточным II и III классам относятся соответственно 27 и 24 % (тяжелые почвы), 44 и 15 % (средние почвы) и 39 и 29 % (легкие почвы); 39 % проб характеризуют воду горизонта как непригодную (IV класс) для орошения глинистых почв, 26 % – для орошения

суглинков и лишь 5 % – для полива почв легкого гранулометрического состава.

Подземные воды горизонта характеризуются определенной гидрохимической зональностью. Увеличение минерализации происходит от западных границ провинции к ее центральной и южной части. Как показали исследования, использование воды с минерализацией более 500 мг/л на всей территории провинции ограничено возможностью развития натриевого и магниевого осолонцевания почв. Процессы содообразования возможны при использовании вод гидрокарбонатного натриевого состава (см. табл. 4).

Подземные воды, приуроченные к *верхнемиоценовым отложениям таволжанской свиты*, имеют ограниченное использование, так как на большей части провинции она представлена глинистыми образованиями, а в подчиненных прослоях песков вскрываются соленые воды. Пресные или солоноватые воды прослеживаются только вдоль западной границы провинции.

На исследуемой территории одичными скважинами вскрыты в основном пресные воды с минерализацией 0,46...1,04 г/л, однако встречаются воды с содержанием солей от 3,3 до 5,3 г/л. Подземные воды используются в пределах провинции весьма ограниченно, так как имеют в основном повышенную минерализацию. Пресные воды приурочены к отложениям, имеющим распространение только в западной части провинции.

Результаты анализа показали, что по величине минерализации пробы воды распределились по классам пригодности практически равномерно: по 28 % проб относятся к III и IV классам воды при использовании ее на глинистых почвах и ППК выше 30; к I и II классу имеют отношение соответственно по 22 % проб воды.

При поливе среднесуглинистых почв, имеющих ППК выше 15...30, более одной трети (34 %) проб относится к I классу, а доля проб, отнесенных к II, III и IV классам, несколько уменьшается

и составляет соответственно 22 %.

При орошении легкосуглинистых почв, имеющих ППК выше 15...30, большая часть проб воды составляет I и II классы (45 и 28 %) соответственно. И только незначительная часть характеризует воду как непригодную для орошения.

Проведенные исследования показали, что использование для орошения пресных вод с минерализацией более 500 мг/л ограничено из-за возможности развития негативных почвенных процессов, что требует определенного подхода с учетом всего комплекса условий ее использования (см. табл. 4).

В пределах Южно-Приалейской степи широкое распространение имеют водоносные горизонты атлымской, новомихайловской и знаменской свит, приуроченных к палеогеновым отложениям. Подземные воды горизонтов вскрыты одиночными скважинами и используются в основном для целей обводнения.

Выводы

Данные, полученные при дисперсионном анализе химического состава воды источников орошения, свидетельствуют, что используемые методики ирригационной оценки качества воды дают неоднозначные, но сопоставимые результаты. В итоге получены прямые корреляционные связи между общей минерализацией природной воды и результатами ее ирригационной оценки.

Подземные воды оцениваемой территории являются ограниченно пригодными для целей орошения, поэтому при их использовании необходимо предусматривать промывной режим орошения (при обеспеченной дренированности), интенсивность которого должна быть увязана со свойствами и составом почв. Рекомендуется регулирование рН воды, обогащение ее содержащими кальций мелиорантами, а также ограничение состава сельскохозяйственных культур. В качестве источника орошения рекомендуется использовать в первую очередь подземные воды неоген-четвертичного комплекса. Водозаборные скважины необходимо закладывать на разные глубины

(поэтажно). Площадь орошаемых участков не должна превышать 200...500 га.

Правильная организация орошения сельскохозяйственных земель позволит повысить их экологическую устойчивость, т.е. сохранить качество подземных и поверхностных вод, улучшить плодородие почв, будет способствовать получению высококачественной сельскохозяйственной продукции.

Оцененные водоносные горизонты несут невыдержанный характер по простиранию и литологическому составу и имеют незначительные ресурсы пресных подземных вод, поэтому организация централизованного водоснабжения Южно-Приалейской степи возможна только за счет переброски пресных подземных вод с помощью групповых межрайонных и межхозяйственных водопроводов.

1. Природно-мелиоративная оценка земель в Алтайском крае / Винокуров Ю. И. [и др.]. – Иркутск, 1988. – 136 с.

2. Ресурсы пресных и маломинерализованных подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна: справочник. – М.: Недра, 1991. – 259 с.

3. **Заносова В. И.** Подземные воды Алтая. Проблемы и перспективы использования // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2003. – № 4. – С. 27–31.

4. **Безднина С. Я.** Принципы и методы оценки и качества воды для орошения // Мелиорация и водное хозяйство. – 1989. – № 8. – С. 23–24.

Материал поступил в редакцию 24.04.09.

Заносова Валентина Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Гидравлика, сельскохозяйственное водоснабжение и водоотведение»

Тел. (8-3852) 62-80-82

Макарычев Сергей Владимирович, доктор биологических наук, профессор, декан института природообустройства

Тел. (8-3852) 62-80-63

E-mail: makarychev@asau.ru

Павлов Сергей Александрович, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Гидравлика, сельскохозяйственное водоснабжение и водоотведение»

Тел. (8-3852) 62-80-82