

11. Abykaev N.A., Kuznetsov O.L., Bekturganov N.S. Proekt Kontseptsii strategii ustoychivoy energetiki budushchego Kazakhstana do 2050 goda [The project of the concept of Kazakhstan future sustainable energy strategy to 2050]. *Vestnik Kazakhstanskoy Akademii Estestvennykh Nauk – Herald of the Kazakhstan Academy of Natural Sciences*, 2013, no. 2, pp. 16–66.
12. Plekhaov P.A. Istoricheskie aspekty resheniya problemy ispolzovaniya geotermalnykh vod v Kazkhstane [Historical aspects in solving the problem of using geothermal waters in Kazakhstan]. *Resursy podzemnykh vod – vazhneyshiy element ustoychivogo razvitiya ekonomiki Kazakhstana. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-teoreticheskoy konferentsii* [Proc. International research conference. Ground water deposits are the important element of sustainable development of Kazakhstan economy]. Almaty, 14–15 September 2012. pp. 118–124.
13. Groundwater resources of the world and their use. Eds. I.S. Zektsler, L.G. Everet. *IHP-VI, Series on groundwater no. 6*, UNESCO. 2004. pp. 299–309.
14. Povarov O.A., Tomarov G.V. Razvitie geotermalnoy energetiki v Rossii i za rubezhom [Development of geothermal energy in Russia and abroad]. *Teploenergetika*, 2006, no. 3, pp. 2–10.
15. Absametov M.K., Murtazin Ye.Zh. Otsenka resursov mestorozhdeniy promyshlennykh podzemnykh vod Prikaspiyskoy vpadiny [Assessment of resources of industrial underground water deposits in Pre-Caspian depression]. *Nauka i inzhenernoe obrazovanie bez granits. Trudy mezhdunarodnogo foruma* [Proc. International Forum. Science and engineering education without borders]. Almaty, 13–14 November 2009. pp. 201–203.
16. Absametov M.K., Zavaley V.A., Murtazin Ye.Zh. Perspektivy ispolzovaniya gidromineralnogo syr'ya pri razvedke i dobyche nefiti [Prospects of using hydro-mineral raw materials at upstream]. *Geologiya i okhrana neдр*, 2010, no. 1 (34), pp. 64–68.

УДК 550.837.82

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КАЗАХСТАНЕ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЕЙШИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Паничкин Владимир Юрьевич,**

д-р техн. наук, член-корреспондент Казахской Национальной Академии Естественных Наук; заведующий лабораторией моделирования гидродинамических и геоэкологических процессов Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина, Казахстан, 050010, Алматы, ул. Валиханова, 94. E-mail: v\_panichkin@mail.ru

**Мирошниченко Оксана Леонидовна,**

канд. техн. наук, ведущ. науч. сотр. лаборатории моделирования гидродинамических и геоэкологических процессов Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина, Казахстан, 050010, Алматы, ул. Валиханова, 94. E-mail: o\_mirosh@mail.ru

**Актуальность:** применение современных компьютерных технологий в гидрогеологических исследованиях.

**Цель исследования:** разработка, совершенствование методологии и методики применения информационных технологий при решении задач, связанных с использованием подземных вод, защитой их от истощения и загрязнения, а также защитой инженерных сооружений от вредного воздействия подземных вод.

**Методы:** совместное использование методов математического моделирования, геоинформационных систем, систем управления базами данных, методов дистанционного зондирования земли, систем глобального позиционирования при изучении гидрогеологических объектов и процессов.

**Результаты:** созданы геоинформационно-математические модели различных гидрогеологических объектов Казахстана для решения задач оценки запасов подземных вод, прогнозирования процессов подтопления в прибрежной зоне, загрязнения подземных вод особо токсичными веществами, засоления грунтов зоны аэрации вблизи массивов орошения в результате изменения гидрогеолого-мелиоративных условий.

**Выводы:** Использование разработанных методологии и методики применения информационных технологий значительно повышает эффективность гидрогеологических исследований – снижает трудоемкость подготовки и анализа исходных данных, увеличивает точность калибровки моделей и достоверность получаемых на них прогнозов, а также способствует выработке действенных рекомендаций по использованию подземных вод, защите их от истощения и загрязнения и защите инженерных сооружений от вредного воздействия подземных вод.

**Ключевые слова:**

Гидрогеология, математическое моделирование, геоинформационные системы, системы управления базами данных, методы дистанционного зондирования земли.

Одной из задач Государственной Программы по обеспечению населения Казахстана качественной питьевой водой «Ак булак» на 2011–2020 гг. является максимальное использование потенциала подземных вод. Месторождения пресных подземных вод представляют собой наиболее защищенный и надежный источник питьевой воды высокого качества. В Государственной Программе по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2010–2014 гг. отмечается необходимость перехода на новые современные технологии экспертизы запасов на основе компьютерного моделирования месторождений полезных ископаемых, автоматизированных комплексов оценки и подсчета запасов.

В Институте гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина в течение ряда лет проводятся исследования по разработке методологии, методики применения современных компьютерных технологий в гидрогеологических исследованиях в Казахстане при решении задач, связанных с использованием подземных вод, защитой их от истощения и загрязнения, а также защитой инженерных сооружений от вредного воздействия подземных вод [1].

Разработанные в Институте теоретические концепции применения новейших информационных технологий в гидрогеологических исследованиях предусматривают комплексное использование систем математического моделирования, геоинформационных систем, систем управления базами данных, систем обработки данных дистанционного зондирования земли, систем глобального позиционирования и др. Состав комплекса инструментальных средств определяется спецификой решаемых гидрогеологических задач. Совместное применение различных инструментальных средств существенно повышает эффективность исследований [2–22]. Апробация теоретических, методических и программных разработок Института была успешно проведена в процессе создания систем разномасштабных взаимосвязанных моделей для решения различных прикладных гидрогеологических задач.

В процессе моделирования гидрогеологических систем использовались теоретические и методические разработки И.К. Гавич, В.М. Шестакова, В.А. Мироненко, В.Г. Румынина, Г.Е. Ершова, А.В. Лехова и др. [23–29].

Характерной чертой системы моделей Восточного Приаралья является значительный простран-

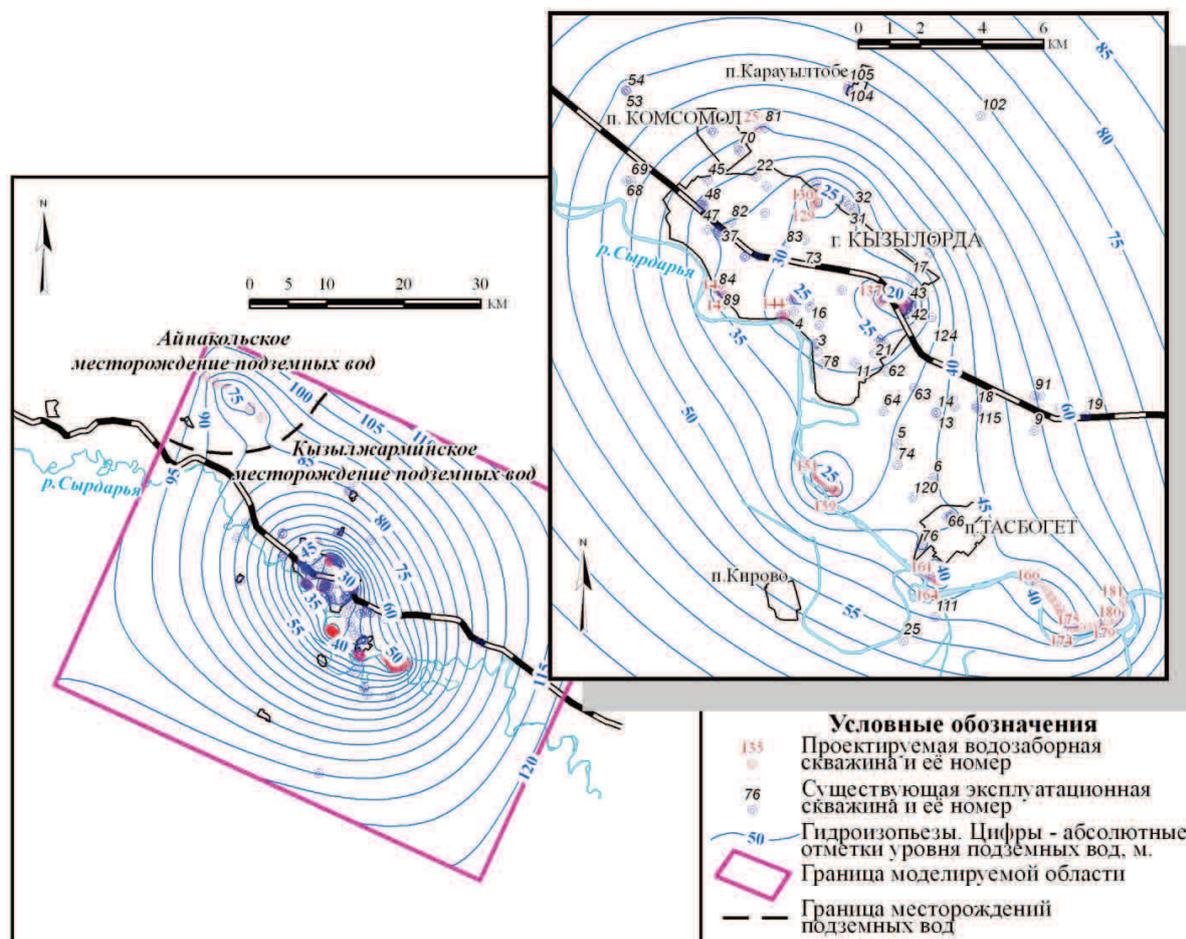


Рис. 1. Прогнозная карта гидроизопьез верхнетуронского водоносного горизонта Кызылжарминского месторождения подземных вод (по состоянию на 16.02.2038 г.)

ственный охват. В нее входит региональная модель Восточного Приаралья и локальная модель Кызылжарминского месторождения подземных вод.

Региональная модель создавалась с целью повышения обоснованности решений по управлению водохозяйственной деятельностью в регионе, решения задач оценки эксплуатационных запасов подземных вод и прогнозирования изменения гидрогеологических условий для различных объемов отбора подземных вод. Цель создания локальной модели Кызылжарминского месторождения подземных вод – оценка запасов подземных вод верхнетуронского водоносного горизонта для хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Кызылорды [1, 30].

Результаты решения прогнозной задачи изменения гидрогеологических условий под воздействием водоотбора доказали обоснованность эксплуатационных запасов Кызылжарминского месторождения подземных вод по гидродинамическим критериям. На рис. 1 показана прогнозная карта гидроизопьез верхнетуронского водоносного горизонта (по состоянию на 16.02.2038 г.). Максимальная глубина залегания динамических уровней воды в эксплуатационных скважинах на конец прогнозного периода в центре депрессионной воронки достигнет 130 м, но не превысит допустимых 150 м.

Ухудшение качества подземных вод эксплуатируемого верхнетуронского водоносного горизонта возможно в основном за счет перетекания соленоватых подземных вод из смежных горизонтов. Решение задачи переноса потоком подземных вод растворенных в ней компонентов позволило сделать вывод об обоснованности эксплуатационных запасов месторождения по критериям качества. Наибольшее увеличение минерализации подземных вод ( $0,22 \text{ г/дм}^3$ ) произойдет в скважинах, для которых прогнозируется максимальная глубина залегания динамического уровня на конец прогнозного периода. Таким образом, эксплуатационные запасы Кызылжарминского месторождения подземных вод являются обоснованными и по критериям качества.

Моделирование гидрогеологических условий побережья Каспийского моря выполнялось для оценки влияния подъема уровня моря в 90-х гг. прошлого столетия на положение поверхности грунтовых вод. Была создана трехуровневая система взаимосвязанных моделей. На региональной модели рассчитывалась величина прогнозного повышения уровня грунтовых вод и положение зоны подтопления в плане в зависимости от прогнозного уровня воды в Каспии. Для оценки влияния нагонных явлений на грунтовые воды были созданы модели низовьев р. Урал и территории г. Атырау [31]. По результатам моделирования было установлено, что подпор подземных вод при подъеме уровня воды в море будет наблюдаться в узкой полосе шириной до 5–10 км. Подъем уровня Каспийского моря не оказывает существенного влияния на уровень

ный режим грунтовых вод на территории г. Атырау. Наблюдающийся подъем уровней на территории города обусловлен в первую очередь процессами самоподтопления за счет утечки из водопроводных и канализационных сетей города, поливов зеленых насаждений и фильтрации из ирригационных каналов. Полученные результаты подтверждаются современными исследованиями [32].

Система разномасштабных моделей гидрогеологических условий Павлодарского промышленного района была создана с целью прогнозирования распространения ореола ртутного загрязнения подземных вод для оценки опасности попадания ртути в р. Иртыш и в водозаборные скважины с. Павлодарское, а также разработки мероприятий по снижению риска [33]. Региональная модель с упрощенной схематизацией гидрогеологических условий была использована для получения приблизительной конфигурации ореола в плане и разрезе. На локальной модели, охватывающей только территорию распространения ореола ртутного загрязнения, детально воспроизведено литологическое строение гидрогеологического объекта и учтены процессы сорбции ртути водовмещающими породами. На ней выполнен прогноз распространения загрязненных ртутью подземных вод и рассчитано положение ореола в пространстве [34].

С целью доказательства адекватности системы моделей природным условиям выполнялась ее калибровка. Она заключалась в решении серии обратных задач – стационарной и нестационарной гидродинамических задач, а также эпигнозной задачи транспорта ртути потоком подземных вод. Результаты решения показаны на рис. 2.

Решение на системе моделей прогнозных задач позволяет говорить об отсутствии опасности попадания ртути в ближайшие десятилетия в р. Иртыш и скважины и колодцы с. Павлодарское при условии сохранения существующих гидрогеологических условий. К концу прогнозного периода большое количество ртути будет сорбировано глинистыми породами, но ореол загрязнения подземных вод сохранится. Результаты решения прогнозной задачи на системе моделей отображены на рис. 3. В результате испарения грунтовых вод с уровня поверхности ореол приподнимется вверх через «окна» в глинистых прослоях и концентрация ртути в воде вблизи зеркала грунтовых вод увеличится. Это создаст определенную опасность попадания ртути из грунтовых вод в почву и накопления ее в растительности.

Целью создания системы моделей Акдалинского массива орошения (Или-Балхашский регион) было получение прогноза изменения гидрогеологических условий массива в процессе его использования, оценка загрязнения подземных вод пестицидами, а также выбор оптимального режима эксплуатации земель [35]. Региональная модель охватывала всю территорию массива, локальная – небольшой участок, для которого имелись кондиционные исходные данные по загрязнению

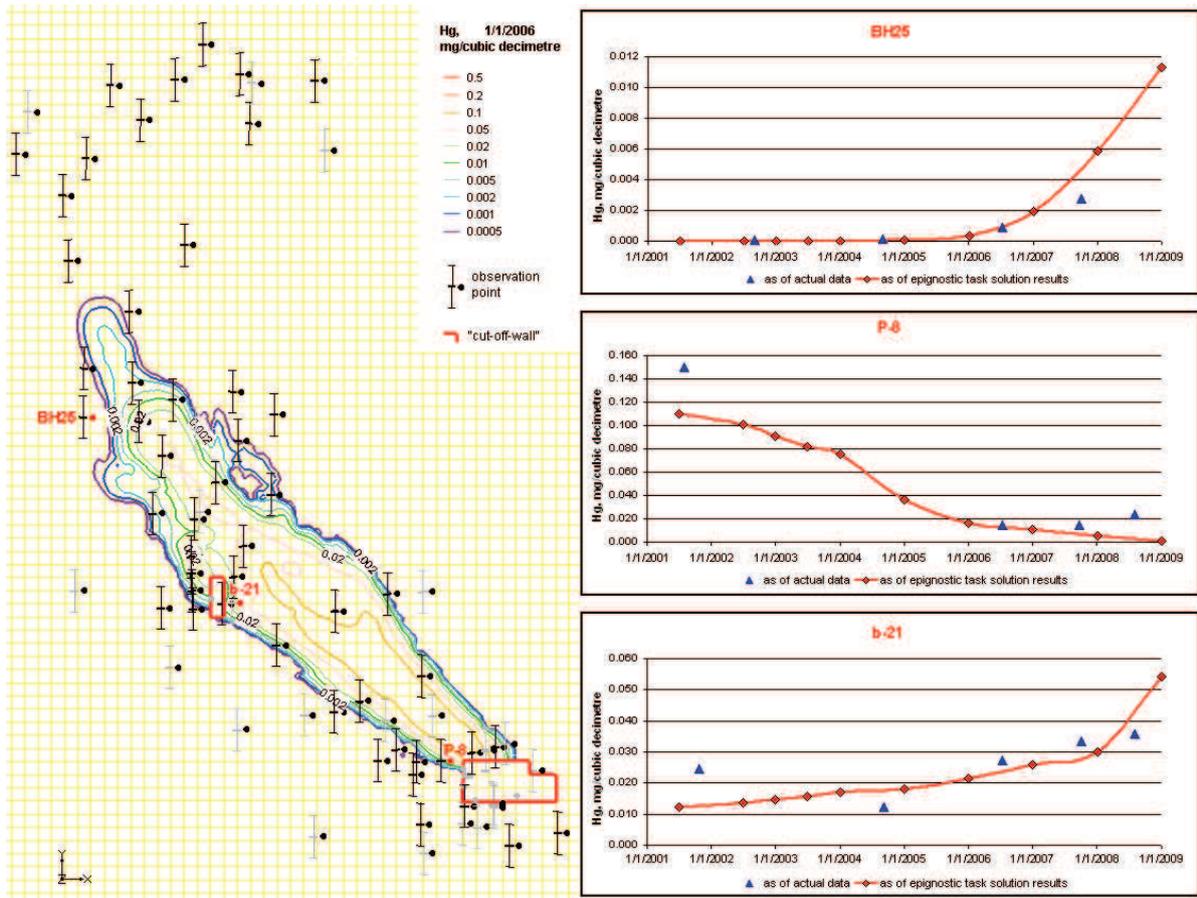


Рис. 2. Результаты решения эпигнозной транспортной задачи на системе моделей гидрогеологических условий северной части Павлодарского промышленного района

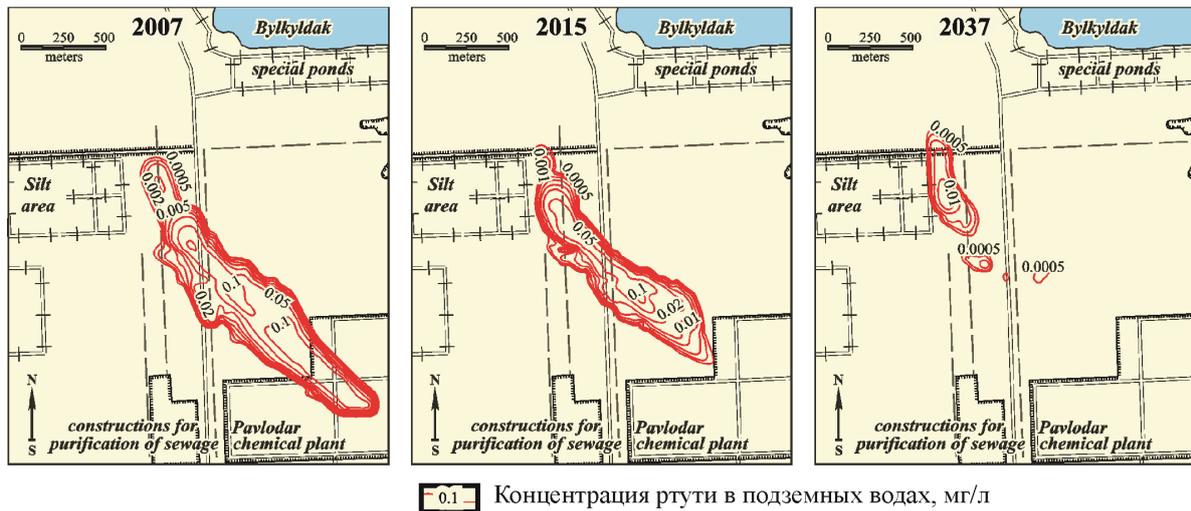
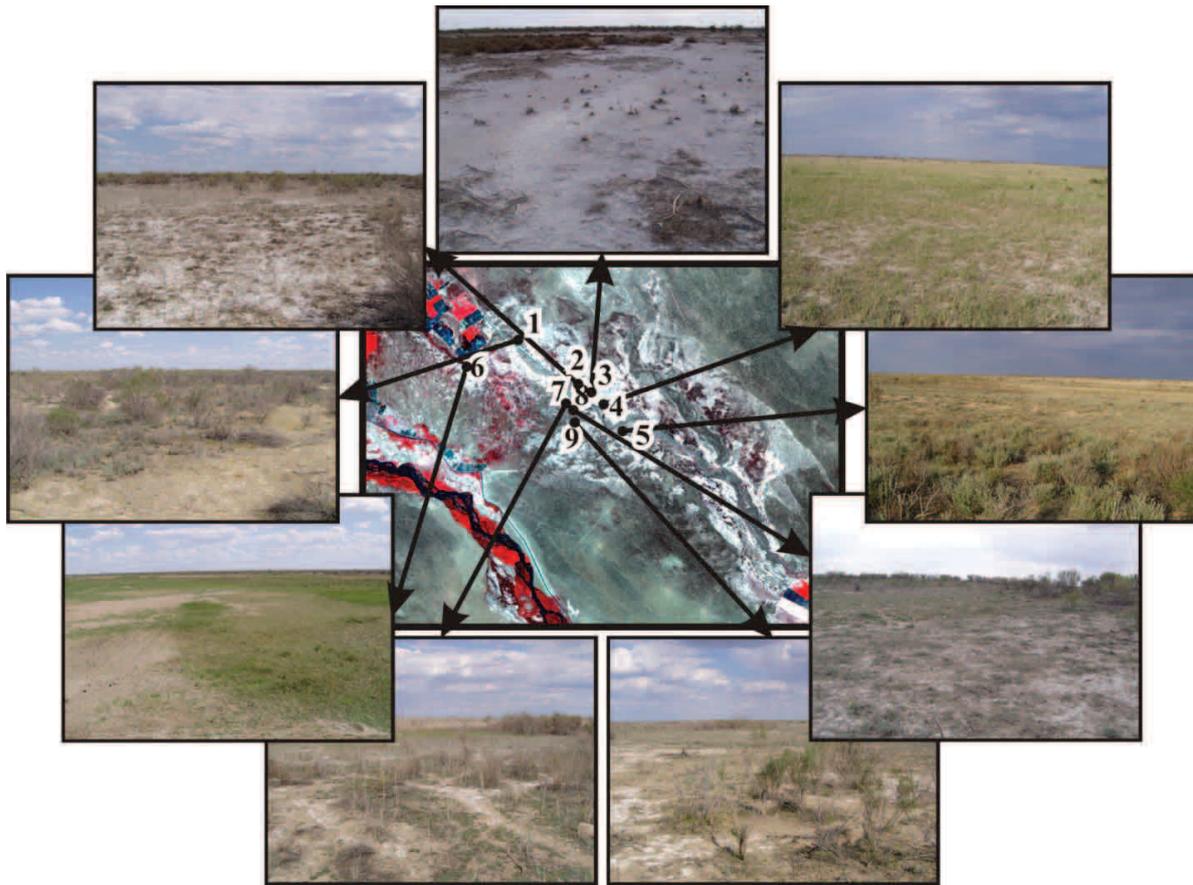


Рис. 3. Результаты решения прогнозной задачи на системе моделей гидрогеологических условий северной части Павлодарского промышленного района

пестицидами подземных вод. На региональной модели решены прогнозные задачи для различных вариантов использования земельных и водных ресурсов. На локальной модели имитировался перенос пестицидов потоком подземных вод.

Результаты моделирования показывают, что увеличение площади, занятой рисом, приведет к дальнейшему заболачиванию территории. С другой стороны, уменьшение доли рисовых полей приведет к увеличению глубины залегания уровня



**Рис. 4.** Местоположение точек опробования в районе Акдалинского массива орошения: 1 – такыр, 2, 3, 8 – солончаки, 4, 5, 6, 7, 9 – покрытые растительностью пески

грунтовых вод до 3–5 м при критической глубине залегания 3,75 м, что может привести к вторичному засолению земель. Значение 4200–4500 га можно считать оптимальным для данной территории. Пестициды являются наиболее опасным загрязнителем подземных вод, поступающим со стороны рисовых массивов. Глубина их проникновения достигает 10–11 м. Для уменьшения их концентраций в поверхностных водах должен быть минимизирован сброс воды с рисовых полей. Кроме того, рекомендуется применение пестицидов с меньшим периодом полураспада. Применение пестицидов типа ДДТ должно быть запрещено. В ближайшем будущем Народная Республика Китай планирует увеличить водозабор из р. Или. Это приведет к уменьшению сброса воды в озеро Балхаш и ухудшению экологического состояния этого региона. Используя разработанные модели, можно воспроизводить различные сценарии использования земельных и водных ресурсов на Акдалинском ирригационном массиве. Разработанные модели фактически являются прототипом автоматизиро-

ванной системы управления водными ресурсами в этом регионе.

Для оценки динамики засоления почв вблизи Акдалинского массива орошения использованы данные дистанционного зондирования (космические со спутника LANDSAT на 1990 и 2010 гг.) и результаты наземных маршрутных исследований. Был применен метод классификации, реализованный с помощью программы ERDAS Imagine [21]. Процесс его проведения представлен на рис. 4, 5 [36]. Результаты моделирования позволяют сделать вывод, что площадь солончаков в пределах выделенной области увеличилась с 1990 по 2010 гг. на 6 %. Солончаки заместили такырами, площадь которых уменьшилась примерно на 5 %. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что на массиве сохраняются риски засоления земель. Орошение продолжает оказывать негативное влияние на окружающую среду, в том числе на состояние земель вблизи массива.

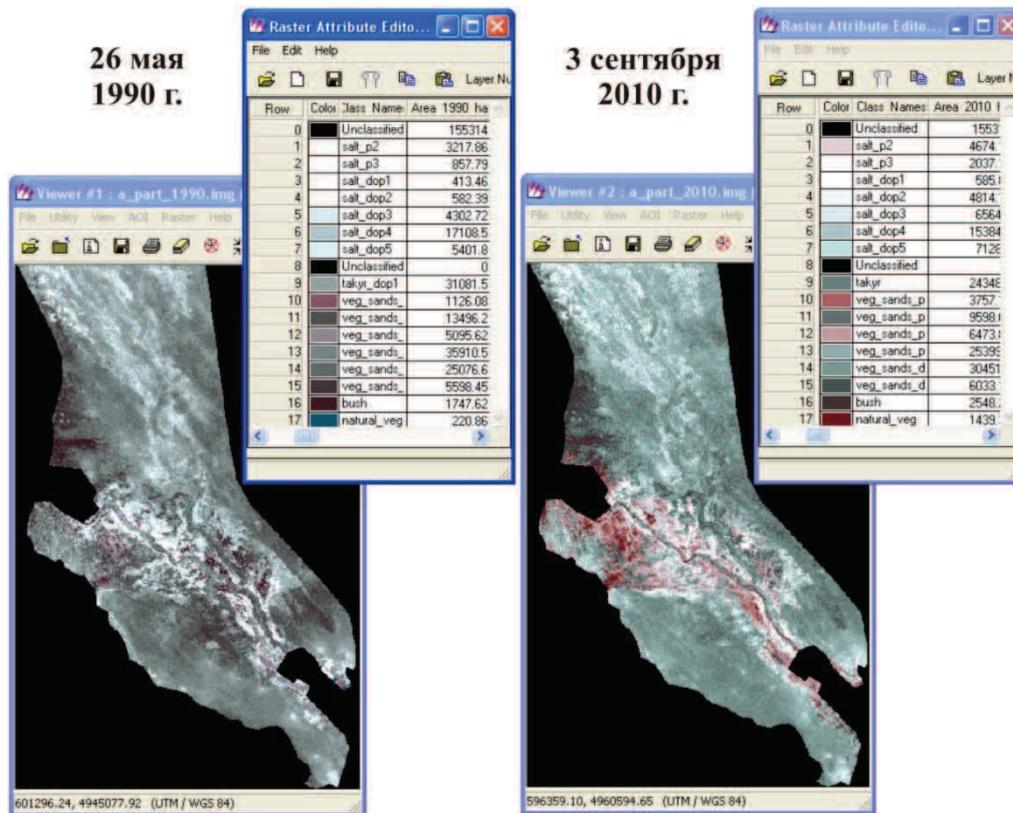


Рис. 5. Результаты классификации космоснимков для решения задачи оценки динамики засоления почв в районе Акдалинского массива орошения

Таким образом, многолетняя апробация разработанных методики и технологии геоинформационно-математического моделирования на ряде гидрогеологических объектов Казахстана продемонстри-

ровала их высокую эффективность. В будущем планируется продолжить работы в направлении совершенствования технологии с учетом возможностей новейших программно-инструментальных средств.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Веселов В.В., Паничкин В.Ю. Геоинформационно-математическое моделирование гидрогеологических условий Восточного Приаралья. – Алматы: ТОО «Комплекс», 2004. – 428 с.
2. Паничкин В.Ю., Мирошниченко О.Л. Современные тенденции гидрогеологического моделирования в Казахстане // Известия НАН РК. Серия геологическая. – 2009. – № 3. – С. 97–103.
3. Application of a multimodel approach to account for conceptual model and scenario uncertainties in groundwater modelling / Rojas R., Kahunde S., Peeters L., Batelaan O., Feyen L., Dassargues A. // Journal of Hydrology. – 2010. – V. 394. – P. 416–435.
4. Numerically modelling groundwater in an arid area with ANN-generated dynamic boundary conditions / Z. Huo, S. Feng, S. Kang, X. Mao, F. Wang // Hydrological Processes. – 2010. URL: <http://www.potatoirrigate.com/upload/pdf/b55f492b15f8e8f9c8a28fe48189a10b.pdf> (дата обращения: 05.02.2014).
5. Strassberg G., Jones N.L., Maidment D.R. Arc Hydro Groundwater: GIS for Hydrogeology. – Redlands, California: ESRI Press, 2011. – 176 p.
6. Building a geodatabase for mapping hydrogeological features and 3D modeling of groundwater systems: Application to the Saguenay-Lac-St.-Jean region, Canada / R. Chesnaux, M. Lambert, J. Walter, U. Fillastre, M. Hay, A. Rouleau, R. Daigneault, A. Moisan, D. Germaneau // Computers & Geosciences. – 2011. – V. 37. – P. 1870–1882.
7. Modeling the impact of in-stream water level fluctuations on stream-aquifer interactions at the regional scale / F. Saleh, N. Flipo, F. Habets, A. Ducharne, L. Oudin, P. Viennot, E. Ledoux // Journal of Hydrology. – 2011. – V. 400. – P. 490–500.
8. Yang Q.C., Liang J., Yang Z. P. Numerical Modeling of Groundwater Flow in Daxing (Beijing), China // Energy Procedia. – 2012. – V. 14. – P. 1671–1676.
9. Implementation of a 3-D groundwater flow model in a semi-arid region using MODFLOW and GIS tools: The Zéramdine-Béni Hassen Miocene aquifer system (east-central Tunisia) / F. Lachal, A. Mlayah, M. Bédir, J. Tarhouni, C. Leduc // Computers & Geosciences. – 2012. – V. 48. – P. 187–198.
10. Abdalla F. Mapping of groundwater prospective zones using remote sensing and GIS techniques: A case study from the Central Eastern Desert, Egypt // Journal of African Earth Sciences. – 2012. – V. 70. – P. 8–17.
11. Mair A., El-Kadi A.I. Logistic regression modeling to assess groundwater vulnerability to contamination in Hawaii, USA // Journal of Contaminant Hydrology. – 2013. – V. 153. – P. 1–23.
12. Hartley L., Joyce S. Approaches and algorithms for groundwater flow modeling in support of site investigations and safety assessment of the Forsmark site, Sweden // Journal of Hydrology. – 2013. – V. 500. – P. 200–216.
13. Determining groundwater protection zones for the Quaternary aquifer of northeastern Nile Delta using GIS-based vulnerability map-

- ping / H.H. Elewa, R.E. Shohaib, A.A. Qaddah, A.M. Noursir // *Environmental Earth Sciences*. – 2013. – V. 68. – Iss. 2. – P. 313–331.
14. An efficient integrated approach for global sensitivity analysis of hydrological model parameters / C. Zhan, X. Song, J. Xia, C. Tong // *Environmental Modelling & Software*. – 2013. – V. 41. – P. 39–52.
  15. An integrated study of spatial multicriteria analysis and mathematical modelling for managed aquifer recharge site suitability mapping and site ranking at Northern Gaza coastal aquifer / M.A. Rahman, B. Rusteberg, M.S. Uddin, A. Lutz, M.A. Saada, M. Sauter // *Journal of Environmental Management*. – 2013. – V. 124. – P. 25–39.
  16. Using partial penetrating wells and curtains to lower the water level of confined aquifer of gravel / J. Wang, B. Feng, T. Guo, L. Wu, R. Lou, Z. Zhou // *Engineering Geology*. – 2013. – V. 161. – P. 16–25.
  17. Surface–groundwater interactions in hard rocks in Sardon Catchment of western Spain: An integrated modeling approach / S.M. Tanvir Hassan, M.W. Lubczynski, R.G. Niswonger, Z. Su // *Journal of Hydrology*. – 2014. – V. 517 – P. 390–410.
  18. Modelling the impacts of river stage manipulation on a complex river-floodplain system in a semi-arid region / S. Alaghmand, S. Beecham, I.D. Jolly, K.L. Holland, J.A. Woods, A. Hassanli // *Environmental Modelling & Software*. – 2014. – V. 59 – P. 109–126.
  19. Gharamti M.E., Valstar J., Hoteit I. An adaptive hybrid EnKF-OI scheme for efficient state-parameter estimation of reactive contaminant transport models // *Advances in Water Resources*. – 2014. – V. 71. – P. 1–15.
  20. Zhou H., Gémez-Hernández J.J., Li L. Inverse methods in hydrogeology: Evolution and recent trends // *Advances in Water Resources*. – 2014. – V. 63. – P. 22–37.
  21. Mahmoud S.H. Investigation of rainfall–runoff modeling for Egypt by using remote sensing and GIS integration // *Catena*. – 2014. – V. 120. – P. 111–121.
  22. Regional scale impact of tidal forcing on groundwater flow in unconfined coastal aquifers / P.S. Pauw, G.H.P. Oude Essink, A. Leijnse, A. Vandenbohede, J. Groen, S.E.A.T.M. van der Zee // *Journal of Hydrology*. – 2014. – V. 517. – P. 269–283.
  23. Гавич И.К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. – М.: Недра, 1980. – 358 с.
  24. Шестаков В.М. Гидрогеодинамика. – М.: КДУ, 2009. – 336 с.
  25. Шестаков В.М., Поздняков С.П. Геогидрология. – М.: Академкнига, 2003. – 176 с.
  26. Мироненко В.А., Румынин В.Г. Проблемы гидрогеоэкологии. Теоретическое изучение и моделирование геомиграционных процессов. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 1998. – Т. 1. – 611 с.
  27. Румынин В.Г. Геомиграционные модели в гидрогеологии. – СПб.: Наука, 2011. – 1158 с.
  28. Ершов Г.Е. Особенности гидрогеологического моделирования на этапе проектирования водозаборных сооружений // Математическое моделирование, геоинформационные системы и базы данных в гидрогеологии: Матер. Всеросс. науч.-практ. конф. – М., 2013. – С. 32–36.
  29. Федорова Ю.В., Лехов А.В. Моделирование многокомпонентной диффузии при миграции проток в гетерогенно-блоковой среде // *Геоэкология*. – 2014. – № 2. – С. 179–187.
  30. Паничкин В.Ю., Мирошниченко О.Л. Концепции геоинформационно-математического моделирования гидрогеологических условий Сырдарьинского артезианского бассейна для оптимизации использования ресурсов подземных вод // *Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук*. – 2012. – № 6. – С. 82–87
  31. Веселов В.В., Паничкин В.Ю., Мирошниченко О.Л. Опыт применения автоматизированных технологий в гидрогеологическом моделировании // *Известия НАН РК. Серия геологическая*. – 2003. – № 3. – С. 117–124.
  32. Зверев В.П., Костикова И.А. Еще раз о возможности влияния подземных вод на изменение уровня Каспия // *Геоэкология*. – 2013. – № 4. – С. 316–322.
  33. Mercury contamination in the vicinity of a derelict chlor-alkali plant. P. I: Sediment and water contamination of Lake Balkyldak and the River Irtysh / S.M. Ullrich, M.A. Ilyushchenko, I.M. Kamberov, T.W. Tanton // *Science of The Total Environment*. – 2007. – V. 381. – Iss. 1–3. – P. 1–16.
  34. Former Chlor-alkali Factory in Pavlodar, Kazakhstan: Mercury Pollution, Treatment Options, and Results of Post-demercuration Monitoring / M.A. Ilyushchenko, V.Yu. Panichkin, P. Randall, R.I. Kamberov // *Bioremediation of Mercury: Current Research and Industrial Applications*. – Norfolk, UK, Caister Academic Press, 2012. – 144 p.
  35. Прогнозирование изменения гидрогеолого-мелиоративных условий на Акдалинском массиве орошения на системе разномасштабных математических моделей / В.Ю. Паничкин, Т.Н. Винникова, Н.М. Захарова, О.Л. Мирошниченко, Л.Ю. Трушель // *Геология и охрана недр*. – 2006. – № 4 (21). – С. 51–59.
  36. Применение методов дистанционного зондирования в гидрогеолого-мелиоративных исследованиях в Казахстане / В.Ю. Паничкин, О.Л. Мирошниченко, Н.М. Захарова, Л.Ю. Трушель // *Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук*. – 2012. – № 5. – С. 58–66.

Поступила 07.02.2014 г.

## INCREASE OF HYDROGEOLOGICAL INVESTIGATION EFFICIENCY IN KAZAKHSTAN APPLYING THE NEWEST INFORMATIONAL TECHNOLOGIES

**Vladimir Yu. Panichkin,**

Dr. Sc., Institute of Hydrogeology and Geoecology named after  
U.M. Akhmedsafin, 94, Valikhanov street, Almaty, 050010, Kazakhstan.

E-mail: v\_panichkin@mail.ru

**Oksana L. Miroshnichenko,**

Cand. Sc., Institute of Hydrogeology and Geoecology named after  
U.M. Akhmedsafin, 94, Valikhanov street, Almaty, 050010, Kazakhstan.

E-mail: o\_mirosh\_mail.ru

**Relevance:** modern computer technologies application in hydrogeological investigations.

**Aim of the research:** development, improvement of methodology and information technology application when solving the problems connected with ground water utilization and their protection from impoverishment and pollution, as well as with protection of engineering structures from poisonous impact of ground waters.

**Methods:** joint utilization of mathematical modeling methods, geoinformational systems, database management systems, earth remote sensing methods, Global Positioning Systems when studying hydrogeological objects and processes.

**Results:** The authors have developed the geoinformational-mathematical models of different hydrogeological objects of Kazakhstan to solve the following tasks: groundwater supply assessment; forecasting of flooding processes in coastal zone; groundwater contamination of very toxic substances; salinization of aeration zone soil near irrigated massifs as the result of hydrogeological and meliorative conditions change.

**Conclusions:** Use of the developed methodologies and methods of the informational technologies applications increases considerably the efficiency of hydrogeological investigations, lowers the labour expenditures of preparation and analysis of initial data, increases the accuracy of calibration of models and accuracy of the prognoses received from them; helps when preparing the effective recommendations for ground waters utilization, their protection from impoverishment and pollution and protects engineering structures from poisonous impact of ground waters.

### Key words:

Hydrogeology, mathematical modeling, geoinformational systems, data base management systems, earth remote sensing methods.

### REFERENCES

- Veselov V.V., Panichkin V.Yu. *Geoinformatsionno-matematicheskoe modelirovanie gidrogeologicheskikh usloviy Vostochnogo Priaralya* [Geoinformational-mathematical simulation of hydrogeological conditions of Eastern Priaralye]. Almaty, Kompleks Publ., 2004. 428 p.
- Panichkin V.Yu., Miroshnichenko O.L. *Sovremennye tendentsii gidrogeologicheskogo modelirovaniya v Kazakhstane* [Modern trends of hydrogeological modelling in Kazakhstan]. *Izvestiya NAN RK. Seriya geologicheskaya – Proceedings of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Geological series*, 2009, no. 3, pp. 97–103.
- Rojas R., Kahunde S., Peeters L., Batelaan O., Feyen L., Dassargues A. Application of a multimodel approach to account for conceptual model and scenario uncertainties in groundwater modeling. *Journal of Hydrology*, 2010, vol. 394, pp. 416–435.
- Huo Z., Feng S., Kang S., Mao X., Wang F. Numerically modeling groundwater in an arid area with ANN-generated dynamic boundary conditions. *Hydrological Processes*, 2010. Available at: <http://www.potatoirrigate.com/upload/pdf/b55f492b15f8e8f9c8a28fe48189a10b.pdf> (accessed 05 February 2014).
- Strassberg G., Jones N.L., Maidment D.R. *Arc Hydro Groundwater: GIS for Hydrogeology*. Redlands, California, ESRI Press, 2011. 176 p.
- Chesnaux R., Lambert M., Walter J., Fillastre U., Hay M., Rouleau A., Daigneault R., Moisan A., Germaneau D. Building a geodatabase for mapping hydrogeological features and 3D modeling of groundwater systems: Application to the Saguenay–Lac-St.-Jean region, Canada. *Computers & Geosciences*, 2011, vol. 37, pp.1870–1882.
- Saleh F., Flipo N., Habets F., Ducharne A., Oudin L., Viennot P., Ledoux E. Modeling the impact of in-stream water level fluctuations on stream-aquifer interactions at the regional scale. *Journal of Hydrology*, 2011, vol. 400, pp. 490–500.
- Yang Q.C., Liang J., Yang Z.P. Numerical Modeling of Groundwater Flow in Daxing (Beijing), China. *Energy Procedia*, 2012, vol. 14, pp. 1671–1676.
- Lachaal F., Mlayah A., Bédir M., Tarhouni J., Leduc C. Implementation of a 3-D groundwater flow model in a semi-arid region using MODFLOW and GIS tools: The Zéramdine-Béni Hassen Miocene aquifer system (east-central Tunisia). *Computers & Geosciences*, 2012, vol. 48, pp. 187–198.
- Abdalla F. Mapping of groundwater prospective zones using remote sensing and GIS techniques: A case study from the Central Eastern Desert, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 2012, vol. 70, pp. 8–17.
- Mair A., El-Kadi A.I. Logistic regression modeling to assess groundwater vulnerability to contamination in Hawaii, USA. *Journal of Contaminant Hydrology*, 2013, vol. 153, pp. 1–23.
- Hartley L., Joyce S. Approaches and algorithms for groundwater flow modeling in support of site investigations and safety assessment of the Forsmark site, Sweden. *Journal of Hydrology*, 2013, vol. 500, pp. 200–216.
- Elewa H.H., Shohaib R.E., Qaddah A.A., Noursir A.M. Determining groundwater protection zones for the Quaternary aquifer of northeastern Nile Delta using GIS-based vulnerability mapping. *Environmental Earth Sciences*, 2013, vol. 68, Iss. 2, pp. 313–331.
- Zhan C., Song X., Xia J., Tong C. An efficient integrated approach for global sensitivity analysis of hydrological model parameters. *Environmental Modelling & Software*, 2013, vol. 41, pp. 39–52.

15. Rahman M.A., Rusteberg B., Uddin M.S., Lutz A., Saada M.A., Sauter M. An integrated study of spatial multicriteria analysis and mathematical modelling for managed aquifer recharge site suitability mapping and site ranking at Northern Gaza coastal aquifer. *Journal of Environmental Management*, 2013, vol. 124, pp. 25–39.
16. Wang J., Feng B., Guo T., Wu L., Lou R., Zhou Z. Using partial penetrating wells and curtains to lower the water level of confined aquifer of gravel. *Engineering Geology*, 2013, vol. 161, pp. 16–25.
17. Tanvir Hassan S.M., Lubczynski M. W., Niswonger R.G., Su Z. Surface-groundwater interactions in hard rocks in Sardon Catchment of western Spain: An integrated modeling approach. *Journal of Hydrology*, 2014, vol. 517, pp. 390–410.
18. Alaghmand S., Beecham S., Jolly I.D., Holland K.L., Woods J.A., Hassanli A. Modelling the impacts of river stage manipulation on a complex river-floodplain system in a semi-arid region. *Environmental Modelling & Software*, 2014, vol. 59, pp. 109–126.
19. Gharamti M.E., Valstar J., Hoteit I. An adaptive hybrid EnKF-OI scheme for efficient state-parameter estimation of reactive contaminant transport models. *Advances in Water Resources*, 2014, vol. 71, pp. 1–15.
20. Zhou H., G3mez-Hern3ndez J.J., Li L. Inverse methods in hydrogeology: Evolution and recent trends. *Advances in Water Resources*, 2014, vol. 63, pp. 22–37.
21. Mahmoud S.H. Investigation of rainfall-runoff modeling for Egypt by using remote sensing and GIS integration. *Catena*, 2014, vol. 120, pp. 111–121.
22. Pauw P.S., Oude Essink G.H.P., Leijnse A., Vandenbohede A., Groen J., S.E.A.T.M. van der Zee. Regional scale impact of tidal forcing on groundwater flow in unconfined coastal aquifers. *Journal of Hydrology*, 2014, vol. 517, pp. 269–283.
23. Gavich I.K. *Teoriya i praktika primeneniya modelirovaniya v gidrogeologii* [Theory and practice of applying modeling in hydrogeology]. Moscow, Nedra Publ., 1980. 358 p.
24. Shestakov V.M. *Gidrogeodinamika* [Hydrogeodynamics]. Moscow, KDU Publ., 2009. 336 p.
25. Shestakov V.M., Pozdnyakov S.P. *Geogidrologiya* [Hydrogeology]. Moscow, Akademkniga Publ., 2003. 176 p.
26. Mironenko V.A., Rumynin V.G. *Problemy gidrogeologii. Teoreticheskoe izuchenie i modelirovanie geomigratsionnykh protsessov* [Theoretical study and modeling of geomigration processes]. Moscow, Moscow State Mining University Press, 1998. V. 1. 611 p.
27. Rumynin V.G. *Geomigratsionnye modeli v gidrogeologii* [Migration models in hydrogeology]. St. Petersburg, Nauka Publ., 2011. 1158 p.
28. Ershov G.E. Osobennosti gidrogeologicheskogo modelirovaniya na etape proektirovaniya vodozabornykh sooruzheniy [Hydrogeological modeling features on diversion facility planning phase]. *Matematicheskoe modelirovanie, geoinformatsionnye sistemy i bazy dannykh v gidrogeologii. Materialy Vserossiiskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Proc. All-Russian theor. and pract. Conf. Mathematical modeling, geoinformational systems and database in hydrogeology]. Moscow, 2013. pp. 32–36.
29. Fedorova Yu.V., Likhov A.V. Modelirovanie mnogokomponentnoy diffuzii pri migratsii promstokov v geterogenno-blokovoy srede [Modeling of multicomponent diffusion under industrial waste migration in heterogeneously layered medium]. *Geokologiya*, 2014, no. 2, pp. 179–187.
30. Panichkin V.Yu., Miroshnichenko O.L. Kontseptsii geoinformatsionno-matematicheskogo modelirovaniya gidrogeologicheskikh usloviy Syrdarinskogo artezianskogo basseyna dlya optimizatsii ispolzovaniya resursov podzemnykh vod [A conceptions for geoinformational-mathematic modeling of hydrogeological conditions at the Syrdarya artesian basin for using optimization water underground resources]. *Izvestiya NAN RK. Seriya geologii i tekhnicheskikh nauk – News of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of geology and technical sciences*, 2012, no. 6, pp. 82–87.
31. Veselov V.V., Panichkin V.Yu., Miroshnichenko O.L. Opyt primeneniya avtomatizirovannykh tekhnologiy v gidrogeologicheskoy modelirovani [Experience of applying computer-aided technology in hydrogeological modeling]. *Izvestiya NAN RK. Seriya geologii i tekhnicheskikh nauk – Proceedings of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan, Geological series*, 2003, no.3, pp. 117–124.
32. Zverev V.P., Kostikova I.A. Eshche raz o vozmozhnosti vliyaniya podzemnykh vod na izmenenie urovnya Kaspiya [Once again about the possible influence of subsurface water on the Caspian sea level]. *Geokologiya*, 2013, no. 4, pp. 316–322.
33. Ullrich S.M., Ilyushchenko M.A., Kamberov I.M., Tanton T.W. Mercury contamination in the vicinity of a derelict chlor-alkali plant. P. I: Sediment and water contamination of Lake Balkyldak and the River Irtysh. *Science of The Total Environment*, 2007, vol. 381, Iss. 1–3, pp. 1–16.
34. Ilyushchenko M.A., Panichkin V.Yu., Randall P., Kamberov R.I. Former Chlor-alkali Factory in Pavlodar, Kazakhstan: Mercury Pollution, Treatment Options, and Results of Post-demercuration Monitoring. *Bioremediation of Mercury. Current Research and Industrial Applications*. Norfolk, UK, Caister Academic Press, 2012. 144 p.
35. Panichkin V.Yu., Vinnikova T.N., Zakharova N.M., Miroshnichenko O.L., Trushel L.Yu. Prognozirovaniye izmeneniya gidrogeologo-meliorativnykh usloviy na Akdalinskom massive orosheeniya na sisteme raznomasshtabnykh matematicheskikh modeley [Change forecast of hydrogeological-meliorative conditions of Akdalinski irrigation massif onto the system of differently scaled mathematical models]. *Geologiya i okhrana nedr*, 2006, no. 4 (21), pp. 51–59.
36. Panichkin V.Yu., Miroshnichenko O.L., Zakharova N.M., Trushel L.Yu. Primenenie metodov distantsionnogo zondirovaniya v gidrogeologo-meliorativnykh issledovaniyakh v Kazakhstane [Application of remote-sensing methods in hydrogeology-meliorative researches in Kazakhstan]. *Izvestiya NAN RK. Seriya geologii i tekhnicheskikh nauk – News of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of geology and technical sciences*, 2012, no. 5, pp. 58–66.