

УДК 622.324:338.5

**Проблеми та перспективи стабілізації і нарощування видобутку природного газу в Україні** / Д.О. Єгер, І.Ч. Лещенко, В.П. Гришаненко // Проблеми загальної енергетики. – 2019. – Вип. 1(56). – С. 4—11.

У статті наведено результати аналізу ресурсної бази газовидобування в Україні та структури видобувних запасів, які показали, що структура розвіданих запасів впливає не лише на обсяги, але й на характер динаміки видобування природного газу. Запропоновано розглядати окремо проблеми стабілізації обсягів видобування природного газу та проблеми збільшення його видобування, оскільки вони суттєво відрізняються технічними та технологічними процесами, рівнем ризиків і витрат, термінами отримання продукції.

З урахуванням складної структури українських запасів природного газу, які знаходяться у розробці, сформовано першочергові напрями стабілізації обсягів видобування. Встановлено, що за рахунок удосконалення систем розробки покладів можливо забезпечити лише компенсацію природного падіння видобутку і утримати його на сьогоднішньому рівні у 20–21 млрд м<sup>3</sup> на рік.

Показано, що збільшення обсягів видобування природного газу можливе лише за умови прискореного та ефективного проведення пошуково-розвідувальних робіт з прирощуванням видобувних запасів природного газу в обсягах, щонайменше, 40–50 млрд м<sup>3</sup> на рік, що можливо досягти тільки на базі новітніх високоефективних технологічних процесів, методологічних рішень, щонайменше середнього світового рівня.

Проаналізовано потенційні ресурси природного газу з різних джерел, у тому числі нетрадиційних, та показано необхідність розроблення на державному рівні окремих програм з освоєння ресурсів для кожного з цих джерел з прискореним освоєнням традиційних, особливо, важковидобувних запасів та ресурсів.

Наведено визначені авторами оцінки вартості та тривалості основних етапів освоєння ресурсів і запасів природного газу в залежності від запасів родовищ та глибин залягання покладів. Оцінено можливість повного забезпечення споживачів України природним газом власного видобутку.

*Ключові слова:* природний газ, структура запасів, стабілізація видобутку, нарощування видобутку, собівартість.

УДК 004.942:620.9

**Прогнозування рівнів розвитку вугільної галузі із врахуванням ризиків та критичних явищ у структурі її виробничого потенціалу в умовах світового ринку вугілля** / Т.Р. Білан, В.М. Макаров, М.І. Каплін // Проблеми загальної енергетики. – 2019. – Вип. 1(56). – С. 12—18.

Одним із основних напрямів гарантування енергетичної безпеки держави є підвищення ролі вітчизняної вугільної промисловості у задоволенні потреб економіки в енергетичних ресурсах. Для цього необхідно створити умови, які будуть сприяти зростанню ефективності функціонування галузі, її конкурентоспроможності, забезпечать економічну доцільність інвестування.

На основі аналізу стану та перспектив розвитку вуглевидобувних підприємств, які наразі перебувають на тимчасово окупованих територіях Донецької і Луганської областей, розраховано прогнозні обсяги видобутку вугілля в Україні на період до 2040 р., розроблено сценарії розвитку вугільної галузі із урахуванням ризиків та критичних явищ у структурі її виробничого потенціалу.

Для вирішення задачі визначення оптимальних обсягів та напрямків постачання вугілля у конкурентному середовищі запропоновано балансово-оптимізаційну модель вуглезабезпечення країни, яка враховує диференціацію вугільної продукції за марками та технологічним призначенням, а також підвищення конкурентоспроможності вугільної галузі шляхом здійснення заходів з модернізації та реконструкції діючих підприємств. За результатами розрахунків отримано економічно обґрунтовані обсяги власного видобутку та імпортування вугілля за марками і технологічним призначенням в умовах світового ринку, сформульовано пріоритетні напрями забезпечення економіки країни вугільною продукцією, основними з яких є модернізація діючих та будівництво нових підприємств, відновлення роботи буровугільного комплексу, розвиток транспортної інфраструктури.

*Ключові слова:* вугільна промисловість, видобуток, прогноз, світовий ринок, енергетична безпека.

УДК 620.9

**Уточнення методики прогнозування попиту на паливо з оцінкою структурного потенціалу енергозбереження в енергетичному секторі** / О.Є. Маляренко, В.В. Станиціна // Проблеми загальної енергетики. – 2019. – Вип 1(56). – С. 19—23.

У роботі удосконалено методичний підхід до визначення потенціалу енергозбереження при зміні структури економіки для визначення прогнозного попиту на паливо та його види з урахуванням зміни підходу до формулювання «кінцевого споживання». Надано алгоритм обчислення структурного потенціалу енергозбереження для секції «Постачання електроенергії та ін.», в якій 99,0% палива витрачається на перетворення в інші види палива та енергії. Запропоновано окремий алгоритм розрахунку попиту на ПЕР для секції «Постачання електроенергії та ін.», що дозволило уніфікувати методичний підхід до визначення цього види потенціалу енергозбереження. Надано уточнені прогнозні рівні споживання палива по видах до 2040 р.

*Ключові слова:* паливо, вугілля, природний газ, попит, потенціал енергозбереження, структурні зміни.

УДК 621.311.183

**Огляд стану світової атомної енергетики /** С.І. Азаров, В.Л. Сидоренко, О.С. Задунай // Проблеми загальної енергетики. – 2019. – Вип. 1(56). – С. 24—30.

Проаналізовано розвиток ядерної енергетики у світі, вплив на нього масштабних аварій на атомних електростанціях, зокрема і на японській «Фукусіма-1». Виділено пріоритетні властивості реакторів під час розробки ядерних енергетичних установок підвищеної безпеки в провідних країнах світу. Приведено статистичні дослідження щодо вікових категорій працюючих енергоблоків. Показано сучасну тенденцію розвитку ядерної енергетики в різних країнах світу, цінову складову світового енергоринку. Підкреслено необхідність підвищення безпеки атомних електростанцій. Зазначено інноваційні технології реакторів III покоління. Наголошено на тому, що ядерна енергетика є найважливішою складовою світового енергобалансу і на даний момент їй немає серйозних альтернатив.

*Ключові слова:* ядерна енергетика, атомна енергетика, МАГАТЕ, ядерна енергетична установка, атомна електростанція, безпека.

УДК 620.9; 621.311

**Світові тенденції в розвитку геотермальної енергетики. Частина 2. Найновіші техноло-**

**гії – основа розвитку геотермальної енергетики /** Ю.О. Шурчкова // Проблеми загальної енергетики. – 2019. – Вип. 1(56). – С. 31—37.

Розглянуто стан геотермальної енергетики в світі. Сьогодні геотермальні ресурси ідентифіковані майже в 90 країнах, більш, ніж в 80 країнах вони використовуються і спостерігається тенденція розширення світових територій, що використовують тепло земних надр. Основний приріст очікується в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні, головним чином в Індонезії, в Східно-Африканській рифтової долини, Центральній і Південній Америці, а також в Сполучених Штатах, Японії, Новій Зеландії. Інтенсивно розвивають свої програми в області геотермальної енергетики Китай, Угорщина, Мексика, Ісландія і Нова Зеландія. Ряд потенційних об'єктів розробляється в Південній Африці. За даними Міжнародного енергетичного агентства частка геотермальної енергетики в загальному енергетичному балансі світу складає близько 0,3% з перспективою росту до 0,5% до 2030 р. Розвиток геотермальної енергетики визначається розробкою новітніх технологій використання низькопотенційних підземних флюїдів і технологій використання високопотенційних носіїв теплоти у вигляді розпечених скельних порід і магми. До інноваційних рішень, які в перспективі можуть знайти широке застосування, можна віднести проекти зі створення гібридних установок, що працюють на геотермальних джерелах в поєднанні з іншими альтернативними джерелами. Спостерігається тенденція збільшення інвестицій в науково-дослідні та дослідно-промислові розробки, в створення регіональних програм розвитку поновлюваних джерел енергії, що дозволяє прогнозувати зниження собівартості технологій, ризиків їх реалізації та підвищення конкурентоспроможності геотермальної енергетики. Основні проблеми, які стримують широке використання геотермальної енергії: економічно вигідні високопотенціальні ресурси географічно поширені в обмеженій кількості регіонів і не завжди досяжні; геотермальні проекти мають високі ризики, тривалі терміни їх реалізації та вимагають значних інвестицій; в більшості країн, що розвиваються, в країнах Центральної та Східної Європи відсутні узаконені методики оцінки геотермальних ресурсів; невирішені екологічні проблеми.

Популяризацією геотермальної енергетики, координацією досліджень і просуванням геотермальних програм і проектів займається Міжнародне геотермальне співтовариство у вигляді Світового геотермального конгресу, Міжнародної геотермальної асоціації, Європейського

геотермального конгресу, Європейської ради з геотермальної енергетики, Європейської геотермальної енергетичної компанії.

*Ключові слова:* геотермальна, енергетика, проблеми, технології, екологія, конкурентоспроможність.

УДК 620.92

**Методичні основи оцінки ресурсів (запасів) родовища підземних вод (геотермальної енергії) для забезпечення роботи теплонасосної станції систем теплопостачання / В.Д. Білодід // Проблеми загальної енергетики. – 2019. – Вип. 1(56). – С. 38—47.**

Приведені результати досліджень методичних основ оцінки ресурсів та запасів підземної геотермальної теплоти, що містять проникливі колектори з підземними водами для конкретної площадки (родовища), в т.ч. термальних, як джерел низькопотенційної теплоти (ДНТ) для роботи теплонасосних станцій (ТНС) великої потужності в системах централізованого теплопостачання (СЦТ). Методологія передбачає наявність характеристик родовища (водоносного пласта), отриманими в результаті буріння свердловин або заданих за аналогією з відомими подібними характерними родовищами. Методичні основи ґрунтуються на основних відомих технологіях видобування флюїдів з надр, зокрема із застосуванням технології геотермальних циркуляційних систем (ГЦС).

У статті показано, яким чином визначати потребу у запасах теплоти для забезпечення роботи ТНС впродовж заданого терміну експлуатації та як оцінювати ресурси (запаси) родовища, з урахуванням можливостей технології вилучення цієї теплоти.

На окремих прикладах зроблені оцінки ресурсних можливостей підземних пластів, що містять води різного типу, як ДНТ для ТНС. Встановлено, що більш вигідними територіями для розміщення ТНС великої потужності є території з підвищеним геотермічним градієнтом. Відбір теплоти для ТНС для різних умов залягання пластів прогнозується у 14–135 разів більшим рівня природнього теплового потоку з надр Землі, що означає протікання процесів інтенсивного охолодження зони відбору теплоти. Окрім того, великі території, які можуть займати промисли ДНТ при відносно низьких температурах флюїдів з продуктивних горизонтів накладатимуть обмеження на потужності ТНС. Потужні ТНС мають орієнтуватися на більш глибокі свердловини (1–2 км), тобто це мають

бути високо проникливі колектори (пласти) з низькотемпературними термальними водами (з температурою понад 30–40 °С).

Пласти з артезіанськими водами доцільно буде використовувати як ДНТ для ТНС відносно невеликої потужності (1–3 МВт).

Використання цієї методології забезпечує отримання оціночних результатів щодо можливого використання ресурсів з метою створення ТНС заданої потужності.

*Ключові слова:* оцінка ресурсів (запасів) теплоти, підземні води, джерело низькотемпературної теплоти, теплонасосна станція.

УДК 621.31

**Модель для прогнозування потужності ОЕС України під час нічного провалу графіків електричних навантажень / В.О. Дерій // Проблеми загальної енергетики. – 2019. – Вип. 1(56). – С. 48—52.**

В роботі наведено опис створеної моделі для оперативного прогнозування потужності ОЕС України в період нічного провалу її графіків електричних навантажень та розробленого алгоритму її функціонування. В якості функції апроксимації нічного провалу вибрано поліном другого ступеня. В результаті проведених досліджень та тестових розрахунків створеної моделі були виявлені фактори впливу на аргументи функції – це температура зовнішнього повітря та тривалість світлового дня. Ці фактори обумовлюють похибки в прогнозуванні. Визначено основні причини цих похибок. Аналіз факторів впливу дозволив визначити їх аналітичні залежності. Встановлено, що максимальні похибки прогнозування виникають на кінцях інтервалу нічного провалу графіків електричних навантажень. Для зменшення похибок в прогнозуванні потужності запропоновано використовувати на кінцях інтервалу нічного провалу похідні функції апроксимації, а в інші проміжки часу – поліном другого ступеня. Проведене тестове моделювання потужності ОЕС України під час її нічного провалу графіків електричних навантажень за період з 30.11.2015р. по 30.04.2017р. показало, що максимальна відносна похибка прогнозування не перевищує 9,4%, а відносне середнє її значення становить 3,9 %.

*Ключові слова:* ОЕС України, модель, графік електричних навантажень, нічний провал, потужність, електроенергія, прогнозування.

УДК. 536.7

**Особливості використання електричних теплогенераторів у процесах ущільнення добових графіків електричного навантаження енергосистеми** / С.А. Ленчевський // Проблеми загальної енергетики. – 2019. – Вип 1(56). – С. 53—58.

У роботі проведено дослідження, направлені на створення в Об'єднаній енергосистемі України самодостатнього (бездефіцитного) резерву маневрених потужностей, за рахунок використання у діючій системі диспетчерського управління режимом автоматично керованого навантаження комплексів електричних теплогенераторів (ЕТГ). У вирішенні цього питання розглянуто процеси сумісного використання електричних та теплових потужностей комплексів ЕТГ, за умови налагодженої взаємодії між диспетчерськими центрами управління режимом навантаження енергосистеми і тепловими центрами теплопостачання міст. На прикладі застосування потужностей навантаження комплексів ЕТГ у процесах ущільнення добового графіку навантаження Київського енерговузла підтверджено енергетичну ефективність їх використання.

*Ключові слова:* Об'єднана енергосистема України (ОЕС України), електричні теплогенератори (ЕТГ), добовий графік електричного навантаження (ДГЕН), системи централізованого теплопостачання міст (СЦТ), автоматизована система диспетчерського керування (АСДК).

УДК 622.33

**Оцінка впливу підприємств вугільної промисловості на довкілля** / І.Ю. Новицький, М.О. Перов, М.М. Макортецький // Проблеми загальної енергетики. – 2019. – Вип. 1(56). – С. 59—63.

Вугілля на даний момент є і надалі буде залишатися в Україні основним видом енергоресурсів для теплової та електричної генерації. Це обумовлено його запасами, яких повинно вистачити на декілька століть, дефіцитом природного газу, незначною часткою відновлюваних джерел енергії в енергобалансі країни. Також поки що незамінною сировиною для чорної металургії є продукт переробки вугілля – кокс.

Разом з тим вугільна промисловість є потужним джерелом шкідливого впливу на довкілля. Цей вплив поширюється на всі його сфери – атмосферу (включаючи озоновий шар), гідросферу (водойми, ґрунтові та підземні води), літосферу, земну поверхню.

Взяті Україною зобов'язання в контексті поглиблення інтеграційних процесів з країнами Західної Європи у т.ч. охороні довкілля при посиленні ролі вугілля як головного енергоносія для вітчизняної енергетики, неминуче супроводжуватиметься запровадженням більш жорстких екологічних вимог до функціонування підприємств, що видобувають, переробляють та споживають вугілля. Тому актуальними є дослідження впливу діяльності підприємств вугільної галузі на довкілля з метою забезпечення екологічної безпеки держави.

Стаття присвячена визначенню та оцінці впливу основних забруднювачів, що утворюються в процесі діяльності підприємств вугільної промисловості. В статті проаналізовано джерела забруднення за різними класифікаційними групами, надані їх кількісні характеристики.

Зроблено акцент на необхідність запровадити на рівні регіонів країни комплекс наукових та інженерних заходів, який дозволить стабілізувати екологічну ситуацію територій Донецької, Луганської, Дніпропетровської областей та Львівсько-Волинського басейну.

*Ключові слова:* довкілля, вугільна промисловість, забруднення, аналіз, техногенне навантаження.

УДК 622.324:338.5

**Проблемы и перспективы стабилизации и наращивания добычи природного газа в Украине** / Д.А. Егер, И.Ч. Лещенко, В.П. Гришаненко // Проблемы общей энергетики. – 2019. – Вып. 1(56). – С. 4—11.

В статье приведены результаты анализа ресурсной базы газодобычи в Украине и структуры извлекаемых запасов, которые показали, что структура разведанных запасов влияет не только на объемы, но и на характер динамики добычи природного газа. Предложено рассматривать отдельно проблемы стабилизации объемов добычи природного газа и проблемы увеличения его добычи, поскольку они существенно отличаются техническими и технологическими процессами, уровнем рисков и расходов, сроками получения продукции.

С учетом сложной структуры украинских запасов природного газа, которые находятся в разработке, сформированы первоочередные направления стабилизации объемов добычи. Установлено, что за счет совершенствования систем разработки месторождений возможно обеспечить только компенсацию естественного падения добычи и удержать ее сегодняшнем уровне в 20–21 млрд м<sup>3</sup> в год.

Показано, что увеличение объемов добычи природного газа возможно лишь при условии ускоренного и эффективного проведения поисково-разведочных работ по приращению запасов природного газа в объемах, по меньшей мере, 40–50 млрд м<sup>3</sup> в год, чего можно достичь только на базе новейших высокоэффективных технологических процессов, методологических решений, по меньшей мере среднего мирового уровня.

Проанализированы потенциальные ресурсы природного газа из разных источников, в том числе нетрадиционных, и показана необходимость разработки на государственном уровне отдельных программ по освоению ресурсов для каждого из этих источников с ускоренным освоением традиционных, особенно, трудноизвлекаемых запасов и ресурсов.

Приведены определенные авторами оценки стоимости и продолжительности основных этапов освоения ресурсов и запасов природного газа в зависимости от запасов месторождений и глубин их залегания. Оценена возможность полного обеспечения потребителей Украины природным газом собственной добычи.

*Ключевые слова:* природный газ, структура запасов, стабилизация добычи, наращивания добычи, себестоимость.

УДК 004.942:620.9

**Прогнозирование уровней развития угольной отрасли с учетом рисков и критических явлений в структуре ее производственного потенциала в условиях мирового рынка угля** / Т.Р. Билан, В.М. Макаров, Н.И. Каплин // Проблемы общей энергетики. – 2019. – Вып. 1(56). – С. 12—18.

Одним из основных направлений гарантирования энергетической безопасности страны является повышение роли отечественной угольной промышленности в удовлетворении потребностей экономики в энергетических ресурсах. Для этого необходимо создать условия, которые будут способствовать повышению эффективности функционирования отрасли, ее конкурентоспособности, обеспечат экономическую целесообразность инвестиций.

На основе анализа состояния и перспектив развития предприятий угольной отрасли, которые в настоящее время находятся на временно оккупированных территориях Донецкой и Луганской областей, рассчитаны прогнозные объемы добычи угля в Украине на период до 2040 г., разработаны сценарии развития угольной отрасли с учетом рисков и критических явлений в структуре ее производственного потенциала.

Для определения оптимальных объемов и направлений поставок угля в конкурентной среде функционирования экономики предложена балансово-оптимизационная модель углеобеспечения страны, которая учитывает дифференциацию угольной продукции по маркам и технологическому назначению, а также повышение конкурентоспособности отрасли путем осуществления мероприятий модернизации и реконструкции действующих предприятий.

По результатам расчетов получены экономически обоснованные объемы собственной добычи и импорта угля по маркам и технологическому назначению в условиях мирового рынка, сформулированы приоритетные направления обеспечения экономики страны угольной продукцией, основными из которых являются: модернизация действующих и строительство новых предприятий, возобновление работы бурогоугольного комплекса, развитие транспортной инфраструктуры.

*Ключевые слова:* угольная промышленность, добыча, прогноз, мировой рынок, энергетическая безопасность.

УДК 620.9

**Уточнение методики прогнозирования спроса на топливо с оценкой структурного потен-**

**циала энергосбережения в энергетическом секторе** / Е.Е. Маляренко, В.В. Станицына // Проблемы общей энергетики. – 2019. – № 1(56). – С. 19—23.

В работе усовершенствован методический подход к определению потенциала энергосбережения при изменении структуры экономики для определения прогнозного спроса на топливо и его виды с учетом изменения подхода к формулировке «конечное потребление». Предоставлено алгоритм вычисления структурного потенциала энергосбережения для секции «Поставка электроэнергии и др.», в которой 99,0% топлива расходуется на превращение в другие виды топлива и энергии. Предложен отдельный алгоритм расчета спроса на ТЭР для секции «Поставка электроэнергии и др.», что позволило унифицировать методический подход к определению этого вида потенциала энергосбережения. Представлены уточненные прогнозные уровни потребления топлива по видам до 2040 г.

*К л ю ч е в ы е с л о в а:* уголь, природный газ, спрос, потенциал энергосбережения, структурные изменения.

УДК 621.311.183

**Обзор состояния мировой атомной энергетики** / С.И. Азаров, В.Л. Сидоренко, А.С. Задунай // Проблемы общей энергетики. – 2019. – Вып. 1(56). – С. 24—30.

Проанализировано развитие ядерной энергетики в мире, влияние на нее масштабных аварий на атомных электростанциях, в том числе и на японской «Фукусима-1». Выделены приоритетные свойства реакторов при разработке ядерных энергетических установок повышенной безопасности в ведущих странах мира. Приведены статистические исследования по возрасту работающих энергоблоков. Показано современную тенденцию развития ядерной энергетики в разных странах мира, ценовую составляющую мирового энергорынка. Подчеркнута необходимость повышения безопасности атомных электростанций. Указаны инновационные технологии реакторов III поколения. Отмечено, что ядерная энергетика является важнейшей составляющей мирового энергобаланса и сейчас ей нет серьезных альтернатив.

*К л ю ч е в ы е с л о в а:* ядерная энергетика, атомная энергетика, МАГАТЭ, ядерная энергетическая установка, атомная электростанция, безопасность.

УДК 620.9; 621.311

**Мировые тенденции в развитии геотермальной энергетики. Часть 2. Новейшие технологии – основа развития геотермальной энергетики** / Ю.А. Шурчкова // Проблемы общей энергетики. – 2019. – Вып. 1(56). – С. 31—37.

В статье рассматривается состояние геотермальной энергетики в мире. Сегодня геотермальные ресурсы идентифицированы почти в 90 странах, более чем в 80 странах они используются и наблюдается тенденция расширения мировых территорий, использующих тепло Земных недр. Основной прирост ожидается в Азиатско-Тихоокеанском регионе, главным образом в Индонезии, в Восточно-Африканской рифтовой долине, Центральной и Южной Америке, а также в Соединенных Штатах, Японии, Новой Зеландии. Интенсивно развивают свои программы в области геотермальной энергетики Китай, Венгрия, Мексика, Исландия и Новая Зеландия. Ряд потенциальных объектов разрабатывается в Южной Австралии. По данным Международного энергетического агентства доля геотермальной энергетики в общем энергетическом балансе мира составляет около 0,3% с перспективой роста до 0,5% к 2030 г.

Развитие геотермальной энергетики определяется разработкой новейших технологий использования низкопотенциальных подземных флюидов и технологий использования высокопотенциальных носителей теплоты в виде раскаленных скальных пород и магмы. К инновационным решениям, которые в перспективе могут найти широкое применение, можно отнести проекты по созданию гибридных установок, работающих на геотермальных источниках в сочетании с другими альтернативными источниками.

Наблюдается тенденция увеличения инвестиций в научно-исследовательские и опытно-промышленные разработки, в создание региональных программ развития возобновляемых источников энергии, что позволяет прогнозировать снижение себестоимости технологий, рисков их реализации и повышение конкурентоспособности геотермальной энергетики

Основные проблемы, которые сдерживают широкое использование геотермальной энергии: экономически выгодные высокопотенциальные ресурсы географически распространены в ограниченном количестве регионов и не всегда легкодоступны; геотермальные проекты имеют высокие риски, длительные сроки их реализации и требуют значительных инвестиций; в большинстве развивающихся стран, в странах Централь-

ной и Восточной Европы отсутствуют узаконенные методики оценки геотермальных ресурсов; нерешенные экологические проблемы. Популяризацией геотермальной энергетики, координацией исследований и продвижением геотермальных программ и проектов занимается Международное геотермальное сообщество в виде Всемирного геотермального конгресса, Международной геотермальной ассоциации, Европейского геотермального конгресса, Европейского совета по геотермальной энергетике, Европейской геотермальной энергетической компании.

*К л ю ч е в ы е с л о в а:* геотермальная, энергетика, проблемы, технологии, экология, конкурентоспособность.

УДК 620.92

**Методические основы оценки ресурсов (запасов) месторождения подземных вод (геотермальной энергии) для обеспечения работы теплонасосной станции систем теплоснабжения / В.Д. Белодед // Проблемы общей энергетики. – 2019. – Вып. 1(56). – С. 38—47.**

Приведены результаты исследований методических основ оценки ресурсов и запасов подземной геотермальной теплоты, содержащейся в проницаемых коллекторах с подземными водами, в т.ч. термальными, для конкретной площадки (месторождения), как источников низкопотенциальной теплоты (ИНТ) для работы теплонасосных станций (ТНС) большой мощности в системах централизованного теплоснабжения (СЦТ). Методология предполагает наличие характеристик месторождения (водоносного пласта), полученными в результате бурения скважин или заданных по аналогии с известными подобными характерными месторождениями. Методические основы основываются на основных известных технологиях добычи флюидов из недр, в том числе с применением технологии геотермальных циркуляционных систем (ГЦС).

В статье показано, каким образом определять потребность в запасах теплоты для обеспечения работы ИНТ в течение заданного срока эксплуатации и как оценивать ресурсы (запасы) месторождения, с учётом возможностей технологии извлечения этой теплоты.

На отдельных примерах сделаны оценки ресурсных возможностей подземных пластов, содержащих воды различного типа, как ДНТ для ТНП. Установлено, что более выгодным терри-

ториями для размещения ТНП большой мощности есть территории с повышенным геотермическим градиентом. Отбор теплоты для ТНП для различных условий залегания пластов прогнозируется в 14–135 раз больше уровня естественного теплового потока из недр Земли, что означает протекание процессов интенсивного охлаждения зоны отбора теплоты.

Кроме того, большие территории, которые могут занимать промыслы ДНТ при относительно низких температурах флюидов из продуктивных горизонтов налагать ограничения на мощности ТНП. Мощные ТНП должны ориентироваться на более глубокие скважины (1–2 км), то есть это должны быть высокопроницаемые коллекторы (пласты) с низкотемпературными термальными водами (с температурой свыше 30–40 °С).

Пласты с артезианскими водами целесообразно будет использовать как ДНТ для ТНП относительно небольшой мощности (1–3 МВт).

Использование этой методологии обеспечивает получение оценочных результатов относительно возможного использования ресурсов с целью создания ТНС заданной мощности.

*К л ю ч е в ы е с л о в а:* оценка ресурсов (запасов) теплоты, подземные воды, источник низкотемпературной теплоты, теплонасосная станция.

УДК 621.31

**Модель для прогнозирования мощности ОЭС Украины во время ночного провала графиков электрических нагрузок / В.А. Дерий // Проблемы общей энергетики. – 2019. Вып. 1(56). – С. 48—52.**

В работе приведено описание созданной модели для оперативного прогнозирования мощности ОЭС Украины в период ночного провала ее графиков электрических нагрузок и разработанного алгоритма ее функционирования. В качестве функции аппроксимации ночного провала выбрано полином второй степени. В результате проведенных исследований и тестовых расчетов созданной модели были выявлены факторы влияния на аргументы функции – это температура наружного воздуха и продолжительность светового дня. Эти факторы обуславливают погрешности в прогнозировании. Определены основные причины этих погрешностей. Анализ факторов влияния позволил определить их аналитические зависимости. Установлено, что максимальные погрешности прогнозирования воз-

никают на концах интервала ночного провала графиков электрических нагрузок. Для уменьшения погрешностей в прогнозировании мощности предложено использовать на концах интервала ночного провала производные функции аппроксимации, а в другие промежутки времени – полином второй степени. Проведенное тестовое моделирование мощности ОЭС Украины во время ее ночного провала графиков электрических нагрузок за период с 30.11.2015 г. по 30.04.2017 г. показало, что максимальная относительная погрешность прогнозирования не превышает 9,4%, а относительное среднее ее значение составляет 3,9%.

*Ключевые слова:* ОЭС Украины, модель, график электрических нагрузок, ночной провал, мощность, электроэнергия, прогнозирование.

УДК. 536.7

**Особенности использования электрических теплогенераторов в процессах линеаризации суточных графиков электрической нагрузки энергосистемы** / Е.А. Ленчевский // Проблемы общей энергетики. – 2019. – Вып 1(56). – С. 53—58.

В работе проведены исследования, направленные на создание в Объединенной энергосистеме Украины бездефицитного резерва маневренных мощностей, за счет использования в действующей системе диспетчерского управления автоматически регулируемой загрузки комплексов электрических теплогенераторов (ЕТГ). В решении этого вопроса, рассмотрены процессы совместного использования электрических и тепловых мощностей комплексов ЕТГ, при условии налаженного взаимодействия между диспетчерскими центрами управления энергосистемы и центрами теплового обеспечения городов. На примере использования управляемой нагрузки комплексов ЕТГ в процессах линеаризации суточного графика нагрузки Киевского энергоузла показано энергетическую эффективность от реализации этих комплексов.

*Ключевые слова:* Объединенная энергосистема Украины (ОЭС Украины), электрические тепловые генераторы (ЭТГ), суточный график электрической нагрузки (СГЭН), системы централизованного теплоснабжения городов (СЦТ), автоматизированная система диспетчерского управления (АСДУ).

УДК 622.33

**Оценка влияния предприятий угольной промышленности на окружающую среду** / И.Ю. Новицкий, Н.А. Перов, Н.Н. Макортецкий // Проблемы общей энергетики. – 2019. – Вып. 1(56). – С. 59—63.

Уголь на данный момент есть и в дальнейшем будет оставаться в Украине основным видом энергоресурсов для тепловой и электрической генерации. Это обусловлено его запасами, которых должно хватить на несколько столетий, дефицитом природного газа, незначительной частью возобновляемых источников энергии в энергобалансе страны. Кроме того, пока что незаменимым сырьем для черной металлургии является продукт переработки угля – кокс.

Вместе с тем угольная промышленность является мощным источником вредного влияния на окружающую среду. Это влияние распространяется на все ее сферы – атмосферу (включая озоновый слой), гидросферу (водоемы, грунтовые и подземные воды), литосферу, земную поверхность.

Взятые Украиной обязательства в контексте углубления интеграционных процессов со странами Западной Европы, в т.ч. охраны окружающей среды при усилении роли угля как главного энергоносителя для отечественной энергетики, неизбежно будет сопровождаться введением более жестких экологических требований к функционированию предприятий, добывающих, перерабатывающих и потребляющих уголь. Поэтому актуальными являются исследования влияния деятельности предприятий угольной отрасли на окружающую среду с целью обеспечения экологической безопасности государства.

Статья посвящена определению и оценке влияния основных загрязнителей, образующихся в процессе деятельности предприятий угольной промышленности. В статье проанализированы источники загрязнения по разным классификационным группам, приведены их количественные характеристики.

Сделан акцент на необходимости внедрить на уровне регионов страны комплекс научных и инженерных мероприятий, который позволит стабилизировать экологическую ситуацию территорий Донецкой, Луганской, Днепропетровской областей и Львовско-Волынского бассейна.

*Ключевые слова:* окружающая среда, угольная промышленность, загрязнение, анализ, техногенная нагрузка.



UDC 622.324:338.5

**Problems and prospects for the stabilization and growth of natural gas production in Ukraine /** D.O. Yeger, I.Ch. Leshchenko, V.P. Grishanenko // *The Problems of General Energy*. – 2019. – Issue 1(56). – P. 4–11.

We present the results of analysis of the resource base of gas production in Ukraine and structure of recoverable reserves, which showed that the structure of established resources affects not only the volumes but also the character of dynamics of natural gas production. It is proposed to consider separately the problems of stabilization of the volumes of natural gas production and the problems of increasing its production, because they differ significantly in technical and technological processes, the level of risks and expenses, and the timing of production.

Taking into account the complicated structure of Ukrainian natural gas reserves that are under development, the priority lines of work for the stabilization of production volumes have been formed. It is established that, due to the improvement of field-production systems, it is possible to provide only the compensation of their natural fall and to keep production at the current level of 20–21 billion m<sup>3</sup> per year.

We show that an increase in natural gas production is possible only under conditions of rapid and efficient performing exploratory works for the accretion of recoverable reserves of natural gas in amounts of at least 40–50 billion m<sup>3</sup> per year, which is possible only on the basis of the latest high-performance technological processes and methodological decisions of at least the average world level.

We analyzed the potential natural gas resources from various sources, including unconventional, and showed the need for development at the national level of individual programs of resources development for each of these sources with accelerated application of traditional, especially hard-to-recover reserves and resources.

We obtained estimates of the cost and duration of main stages of the application of natural gas resources and reserves, depending on the reserves of fields and reservoir depths. Finally, the possibility of full supply of Ukrainian consumers with domestic natural gas was estimated.

*Keywords:* natural gas, structure of reserves, stabilization of production, increase in production, production costs.

## References

1. Prohrama naroshchuvannya vydobutku nafty i hazu z rodovyshch NAK «Naftohaz Ukrainy» do 2020 roku.

Approved by order of Naftogaz of Ukraine No. 100 on March 15, 2011 [in Ukrainian].

2. Mineralni resursy Ukrainy. Derzhavne nauково-vyrobnyche pidpriemstvo «Derzhavnyi informatsiyni heolohichnyi fond Ukrainy». Kyiv, 2018. 270 p. [in Ukrainian].
3. Gas production in Ukraine. Baker Tilly International. 2012. 11 c. URL: [http://www.bakertillyukraine.com/media/Gazovydobuvannya\\_v\\_ukrayini.pdf](http://www.bakertillyukraine.com/media/Gazovydobuvannya_v_ukrayini.pdf).
4. Bakulin, Ye.M., Sheludchenko, V.I., Yeger, D.O., Zarubin, Yu.O., & Horbunov, V.I. (2017). Osnovni napriamky rozvytku naftovoi i hazovoi promyslovosti Ukrainy. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch*, 4(25), 5–13 [in Ukrainian].
5. Yeger, D.O., Doroshenko, V.M., Zarubin, Yu.O. et al. (2005). Ekonomichni peredumovy ta normatyvno pravove zabezpechennia rozrobky vysnazhenykh rodovyshch nafty i hazu. *Naftova i hazova promyslovist*, 5, 15–18 [in Ukrainian].
6. Hunda, M.V., Yeger, D.O., Zarubin, Yu.O. et al. (2015). Perspektyvy osvoiennia dribnykh ta duzhe dribnykh rodovyshch hazu v Ukraini. *Naftohazova haluz Ukrainy*, 1, 37–42 [in Ukrainian].
7. Annual Energy Review 2005. Department of Energy. Washington, DC205858.
8. Zarubin, Yu.O., Sheludchenko, V.I., & Yeger, D.O. (2006). Pro dovhostrokove prohnozuvannya vydobutku nafty i hazu. *Problemy naftohazovoi promyslovosti*, 4, 7–26 [in Ukrainian].
9. Karp, I.M., Yeger, D.O., & Zarubin, Yu.O. et al. (2006). Stan i perspektyvy rozvytku naftohazovoho kompleksu Ukrainy. K.: Nauk. dumka. 309 p. [in Ukrainian].
10. Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2030 roku, skhvalena rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 15 bereznia 2006 r. № 145-r, 129 p. [in Ukrainian].
11. Onovlena Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2030 roku, skhvalena rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy No. 1071-r vid 24.07.2013 r. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1071-2013-%D1%80> [in Ukrainian].
12. Lukin, O.Yu. (2014). Zabezpechennia Ukrainy vlasnym pryrodnyim hazom: problemni aspekty. *Visn. NAN Ukrainy*, 9, 16–22 [in Ukrainian].
13. Podatkovi kodeks Ukrainy. Redaktsiia vid 01.03.2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17> [in Ukrainian].
14. Gas production in Ukraine on 2017, 2018. URL: [naftogaz-europe.com/article/ua/vidobutokgazuvukrainiv20172018](http://naftogaz-europe.com/article/ua/vidobutokgazuvukrainiv20172018).
15. Gas consumption in Ukraine. URL: <https://naftogaz.com/www/3/nakweb.nsf/0/DF45C509A5A17D09C2257F990039EABF?OpenDocument&Expand=1.5&>.
16. Kulyk, M.M., Horbulin, V.P., & Kyrylenko, O.V. (2017). Kontseptualni pidkhody do rozvytku enerhetyky Ukrainy (analychni materialy). Kyiv: Institute of General Energy of NAS of Ukraine [in Ukrainian].
17. Saul B. Suslick, Denis Schiozer, Monica Rebelo Rodriguez. (2009). Uncertainty and Risk Analysis in Petroleum Exploration and Production. *Terrae*. Institute of Geosciences. URL: <http://geo25.ige.unicamp.br/terrae/V6/PDF-N6/T-a3i.pdf>

UDC 004.942:620.9

**Prediction of the levels of development of coal industry with regard for risks and critical phenomena in the structure of its productive potential in the global coal market/** T.R. Bilan, V.M. Makarov, M.I. Kaplin // *The Problems of General Energy*. – 2019. – Issue 1(56). – P. 12—18.

One of the main directions of increasing the level of energy security of Ukraine lies in the growing role of domestic coal industry in meeting the needs of economy in energy resources. For this purpose, it is necessary to create conditions that will enhance the efficiency of operation of the industry and its competitiveness as well as ensure the economic feasibility of investing.

Based on analysis of the state and prospects of the development of coal-industry enterprises, which are currently on the temporarily occupied territories of Donets'k and Luhans'k regions, we calculated the predictive volumes of coal production in Ukraine up to 2040. We also proposed scenarios of the coal-industry development with regard for risks and critical phenomena in the structure of its productive potential. In order to solve the problem of determining the optimal volumes and directions of coal supply in a competitive environment, we propose a balance-optimization model of coal supply of the country, which takes into account the differentiation of coal products by grades and technological functions, as well as increasing the competitiveness of coal industry through the implementation of measures for the modernization and reconstruction of existing enterprises.

According to the results of calculations, we obtained the economically substantiated volumes of own mining and import of coal by grades and technological purposes under conditions of the world market and formulated the priority directions of providing country's economy with coal products. The main directions here are: modernization of existing and construction of new enterprises, restoration of the work of brown-coal complex, and development of transport infrastructure.

*Keywords*: coal industry, mining, prediction, world market, energy security.

#### References

1. Bilan T.R. (2017). A balance-optimization model for determining the volume of coal production and import with regard for the influence of reconstruction and modernization on the technical and economic characteristics of functioning of coal mining enterprises. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of*

*General Energy*, 4(51), 15—22 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2017.04.015>.

2. Kulyk, M.M., Horbulin, V.P., & Kyrylenko, O.V. (2017). Kontseptualni pidkhody do rozvytku enerhetyky Ukrainy (analytychni materialy). Kyiv: Institute of General Energy of NAS of Ukraine [in Ukrainian].
3. Makarov, V.M., & Perov, M.O. (2018). Assessment of the state of coal industry in the temporarily occupied territories of Donbas. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 3(54), 16—22 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2018.03.016>.

UDC 620.9

**Refinement of the method for predicting the demand for fuel with an assessment of the structural potential of energy saving in the energy sector /** O.Ye. Malyarenko, V.V. Stanytsina // *The Problems of General Energy*. – 2019. – Issue 1(56). – P. 19—23.

In this paper, the methodical approach to determining the energy saving potential in the course of change in the structure of economy for taking into account its value in finding the predictive demand for fuel and its types has been improved with the change in approach to the formulation of concept of «end-use». We present the algorithm for calculating the structural potential of energy saving for the section «Supply of electricity, gas, steam, and conditioned air», where 99.0% of fuel is used for conversion into other types of energy (electric, thermal). We propose a separate algorithm for calculating the demand for electricity for the section «Electricity supply, etc.», which allowed us to unify the methodological approach to determining this type of energy saving potential for all sections of economy. The refined predictive levels of fuel consumption by types up to 2040 are given.

*Keywords*: fuel, coal, natural gas, demand, energy saving potential, structural changes.

#### References

1. Kononov, Yu.D., Galperova, E.V., Kononov, D.Yu. et al. (2009). *Metody i modeli prognoznyh issledovaniy vzaimosvyazey energetiki i ekonomiki*. N.I. Voropaj, Yu.D. Kononov (Ed.). Novosibirsk. 177 p. [in Russian].
2. Piriashvili, B.Z., Voronchuk, M.M., Halinovskii, E.I., Chirkin, B.P., & Shchepets, O.Y. (2008). *Imitatsionnoe modelirovanie v enerhetike*. B.M. Danilishin (Ed.). Kyiv: Nauk. dumka [in Russian].
3. Li Chao. (2016). *Modeli prohnuzovannia spozhyvannia elektroenerhii v KNR na dovhostrokovu perspektyvu*. *Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu. Ekonomika*. Vol. 21, Vyp. 5(47), 26—32. URL: [http://visnyk-onu.od.ua/journal/2016\\_21\\_5/06.pdf](http://visnyk-onu.od.ua/journal/2016_21_5/06.pdf) (Last accessed: 10.01.2019) [in Ukrainian].

4. Rozen, V.P., & Demchyk, Ya.M. (2016). Porivnialnyi analiz metodiv prohnozuvannya spozhyvannya elektroenerhii vyrobnychych system. *Visnyk Kryvorizkoho natsionalnoho universytetu. Zb. nauk. Prats, Vyp. 42*, 41—47. URL: <http://visnykknu.com.ua/wp-content/uploads/file/42/11.pdf> (Last accessed: 10.01.2019) [in Ukrainian].
5. Chernenko, P.O., & Martyniuk, O.V. (2008). Serednostrokovye dvorivneve prohnozuvannya elektrychnoho spozhyvannya enerhoobiednannya. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu*, 6, 77—81 [in Ukrainian].
6. Aheieva, T.P. (2002). Metodychni osnovy otsinky enerhozberezhennia ta prohnozuvannya enerhospozhyvannya v sferi zhytlovoho ta komunalno-pobutovoho obsluhovuvannya naselennia Ukrainy. *Candidate's thesis*. K.: Instytut zahalnoi enerhetyky NAN Ukrainy [in Ukrainian].
7. Kasianova, N.V., & Levshova, Yu.O. (2014). Kompleksna model otsinky enerhospozhyvannya v rehioni. *Nauchnyy vestnik Donbasskoy gosudarstvennoy mashinostroitel'noy akademii*, 2(14E), 164—171 [in Ukrainian].
8. Kulyk, M.M., & Sas, D.P. (2014). Deterministic-stochastic modeling electricity production in integrated power systems for a long-term perspective. *Tekhnichna elektrodynamika*, 5, 32—34 [in Ukrainian].
9. Kulyk M.M. (2014) Methods for adjusting predictive decisions. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 2(37), 5—12 [in Ukrainian].
10. Kulyk, M.M., Maistrenko, N.Yu., & Malyarenko, O.Ye. (2015). Dvoetapnyy metod prohnozuvannya perspektyvnoho popytu na enerhetychni resursy. *Enerhotekhnolohii i resursosberezhennia*, 5-6, 25—33 [in Ukrainian].
11. Gnidy, M.V. (1999). Methodical Approach to Estimation of Energy Consumption for Different Variants of Economy Structure. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 1(1), 52—57 [in Ukrainian].
12. Malyarenko, O.Ye., & Maistrenko, N.Yu. (2015). Forecasting fuel and energy consumption levels taking into account energy saving potential in the context of structural changes in the economy. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy* 2015, 2(41), 5—13. <https://doi.org/10.15407/pge2015.02.005> [in Ukrainian].
13. Malyarenko, O.Ye., Evtukhova, T.O., & Maistrenko, N.Yu. (2013). Forecasting of changes in the final energy resources consumption with regard to the structural and technological shifts in the economy of the country. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 4(35), 33—40 [in Ukrainian].
14. Metodolohichni polozhennia iz formuvannya enerhetychnoho balansu: nakaz Derzhkomstatu Ukrainy vid 23.12.2011 No. 374 [in Ukrainian].
15. Malyarenko, O.Ye. (2016). Methodical approach to determining the predictive structure of the consumption of primary fuel. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 3(46), 28—39 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2016.03.028>.
16. Palyvno-enerhetychni resursy Ukrainy: statystychny zbirnyk. (2015). A.O Fryzorenko (Ed.), V.M. Bozhok (vidp. za vypusk). K.: Derzhavna sluzhba statystyky. 303 p. [in Ukrainian].
17. Kulyk, M.M., Malyarenko, O.Ye., Maistrenko, N.Yu., Stanytsina, V.V., & Spitkovskiy, A.I. (2017). Application of the method of complex forecasting for the determination of long-term demand for energy resources. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 1(48), 5—15. <https://doi.org/10.15407/pge2017.01.005> [in Ukrainian].
18. Enerhetychna stratehiya Ukrainy do 2030 r., redaktsiya 2013 r. URL: [http://www.energoatom.kiev.ua/ua/about/strategy\\_2030/](http://www.energoatom.kiev.ua/ua/about/strategy_2030/) [in Ukrainian].
19. Zvit pro zalyshky i vykorystannia palyva ta palno-mastylnykh materialiv za 2015 r.: forma statystychnoi zvitnosti № 4-MTP [in Ukrainian].

UDC 621.311.183

**Overview of the state of the world nuclear power engineering** / S.I. Azarov, V.L. Sydorenko, O.S. Zadunaj // *The Problems of General Energy*. – 2019. – Issue 1(56). – P. 24—30.

We analyze the development of nuclear power engineering in the world and the influence on it of large-scale accidents at nuclear power plants, including the Japanese plant «Fukushima-1». We highlight the priority properties of reactors in the designing of high-security nuclear power plants in leading countries of the world. Results of statistical studies of the age of operating power units are given. The current trend of development of nuclear power engineering in different countries of the world and price component of the global energy market are shown. We emphasize the necessity to improve the safety of nuclear power plants. The innovative technologies of reactors of the III generation are indicated. It is noted that nuclear power engineering is the most important component of the world energy balance, and now there are no serious alternatives to it.

*Keywords*: nuclear power engineering, IAEA, nuclear power unit, nuclear power plant, safety.

### References

1. Azarov, S.I., Zadunay, O.S., & Yevlanov, V.M. (2017). Methodology providing of ecological audit for NPP. *Nuclear power and the environment*, 2(10), 48—59 [in Ukrainian].
2. Nuclear Power Reactors in the World. Vienna, June 2011. P. 10—11. URL: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=3607> (Last accessed: 12.10.2018) [in Ukrainian].
3. Azarov, S.I., Zadunay, O.S., & Yevlanov, V.M. (2018). Analiz avarii na AES Fukushima-Daiichi. *The scientific heritage (Budapest, Hungary)*, 27, 41—49 [in Ukrainian].

4. Matvieieva, I.V., Azarov, S.I., Kutlakhmedov, Yu.O., & Kharlamova, O.V. (2016). Stiikist ekosystem do radiatsiinykh navantazhen: monohrafiia. K.: NAU, 396 p. [in Ukrainian].
5. YNES rukovodstvo dlia polzovatelei mezhdunarodnoi shkalы yadernykh y radyolohycheskykh sobыtyi: per. s anhl. (2010). *MAGATE*. 250 p. [in Russian].
6. Projected Cost of Generating Electricity 2010. Paris: OECD / IEA, 2010. P. 35—37.
7. Azarov, S.I., Sydorenko, V.L., & Sereda, Yu.P. (2017). Porivnialnyi analiz radioekolohichnykh naslidkiv avarii na ChAES ta «Fukusima-1». Radioekolohiia-2017: zb. st. nauk.-prakt. konf. iz mizhnar. uch. (Kyiv, 24–26 kvitnia 2017 r.). Zhytomyr: Ukrekoobiokon [in Ukrainian].
8. Atomnaia promyshlennost i nauka v atomnoi sfere. Nauka v atomnoi sfere. URL: [http://matkb.ru/nauka\\_atom/promatom74\\_3607](http://matkb.ru/nauka_atom/promatom74_3607) (Last accessed: 12.10.2018) [in Russian].
9. Examination of accident at Tokyo Electric Power Co., Inc.'s Fukushima Daiichi Nuclear Station and Proposal of Countermeasures. *JNTI*, 2012. P. 35—42.
10. Azarov, S.I., Sydorenko, V.L., & Zadunay, O.S. (2018). Analis of faktors technogenic impact of NPP on environment. *Ecological Sciences*, 1(20), Vol. 1, 57—65 [in Ukrainian].

UDC 620.9; 621.311

**Global trends in the development of geothermal energy. Part 2. The latest technology is a basis for the development of geothermal energy / Yu.A. Shurchkova // The Problems of General Energy. – 2019. – Issue 1(56). – P. 31—37.**

This article discusses the state of geothermal energy in the world. Up to now, geothermal resources have been identified almost in 90 countries, and, in more than 80 countries, they are used and there is a tendency to expand world territories using the heat of the Earth depths. The main growth is expected in the Asia-Pacific region, mainly in Indonesia, East African rift valley, Central and South America, as well as in the United States, Japan, and New Zealand. China, Hungary, Mexico, Iceland, and New Zealand are intensely developing their geothermal energy programs. A series of potential facilities is being developed in South Australia. According to data of the International Energy Agency, the share of geothermal energy in the total energy balance of the world is about 0.3 percent, with the prospect of growth up to 0.5 percent by 2030.

The development of geothermal energy is determined by the creation of new technologies for the use of low-potential underground fluids and technologies for the application of high-grade heat carriers in the form of hot rocks and magma. Among the innovative solutions, which in the future can be widely used, we should mention projects for creating hybrid plants

operating on geothermal sources in combination with other alternative sources.

There exists a tendency to increase investment in the scientific-research and experimental-industrial works as well as in the creation of regional programs for the development of renewable energy sources, which allows us to predict a reduction of the prime cost of technologies, the risks of their implementation, and increase in the competitiveness of geothermal energy. The main problems that restrain the widespread use of geothermal energy lie in the fact that cost-efficient high-potential resources are geographically distributed in a limited number of regions and are not always readily available; geothermal projects have high risks, long terms of their implementation and require significant investments; in most developing countries and in countries of Central and Eastern Europe, there are no legally established methods for assessing geothermal resources, and environmental issues have not been resolved.

The promotion of geothermal energy, research coordination, and advance of geothermal programs and projects are carried out by the International Geothermal Community in the form of the World Geothermal Congress, the International Geothermal Association, the European Geothermal Congress, the European Council on Geothermal Energy, and the European Geothermal Energy Company.

*Keywords:* geothermal energy, problems technologies, ecology, competitiveness.

#### References

1. World Energy Outlook. Explore WEO 2018. URL: <https://www.iea.org/topics/renewables/geothermal/> (Last accessed: 15.01.2019).
2. Geothermal energy: global trends and Russian prospects. URL: [http://www.cleandex.ru/articles/2016/05/20/geotherm\\_energy\\_world\\_tendency\\_russian\\_prospects](http://www.cleandex.ru/articles/2016/05/20/geotherm_energy_world_tendency_russian_prospects) (Last accessed: 17.12.2018).
3. Ruggero Bertani, Geothermal Power Generation in the World 2010-2014 Update Report. URL: <https://pan-ga.stanford.edu> (Last accessed: 25.12.2018).
4. Tomarov, G.V., Nikolskiy, A.I., Semyonov, V.N., & Shipkov, A.A. (2015). Geotermalnaya energetika: Sprav.-metod. izd. P.P. Bezrukih (Ed.). M.: Interenergoizdat, Teploenergetik, 304 p. URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/geotermalnaya-energetika-tehnologii-i-oborudovanie> [in Russian].
5. Geotermalnaya energiya: novyye tehnologii SShA. 2009. URL: <https://www.golos-ameriki.ru/a/a-33-2009-04-14-voa16/646050.html> (Last accessed: 01.02.2019) [in Russian].
6. Ynnovatsyonnye tekhnolohyy v heotermal'noj enerhetyke. Al'ternatyvnaia enerhetyka. *Energorus.com*. URL: <http://energorus.com/innovacionnye-texnologii-v-geotermalnoj-energetike/> (Last accessed 25.01.2019) [in Russian].

7. Razvytye heothermal'noj enerhetyky v myre. *Mezhdunarodnoe heothermal'noe ahentstvo (IGA)*. URL: <https://www.geothermal-energy.org/> (Last accessed 23.01.2019) [in Russian].
8. Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review. John W. Lund and Tonya L. Boyd Geothermal Center, Oregon Institute of Technology, Klamath Falls, OR 97601, USA, retired.
9. Bohuslavskiy, E.Y. (2018). *Osvoenye teplovoj enerhyi nedr.* (2018). M., Sputnik+. 448 p.
10. World Geothermal Congress, 2015, Melbourne, Australia, International Geothermal Association. URL: <https://www.geothermal-energy.org/.../world-geothermal-co> (Last accessed 30.01.2019).

UDC 620.92

**Methodical bases of the estimation of resources (reserves) of a deposit of groundwater (geothermal energy) for the maintenance of work of a heat-pump station of the systems of heating supply / V.D. Bilodid // The Problems of General Energy. – 2019. – Issue 1(56). – P. 38—47.**

We present results of investigations concerning the methodical bases of estimation of the resources and reserves of underground geothermal heat contained in permeable collectors with underground waters, including thermal, for a specific site (field), as sources of low-potential heat (SLPH) for the operation of heat-pump stations (HPS) of high power in centralized heat supply systems. The methodology presupposes the presence of characteristics of the deposit (aquifer), obtained as a result of drilling wells or given by analogy with known similar characteristic deposits. The methodology is based on the main well-known technologies for the extraction of fluids from the depths, including the application of technology of geothermal circulation systems.

The article shows how one can determine the need for heat supplies to ensure the work of HPS over a predetermined period of operation and estimate the resources (reserves) of the field with regard for the possibilities of technology for extracting this heat.

On individual examples, we developed estimates of the resource capabilities of underground layers containing water of various types as SLPH for HPS. It was established that territories with an elevated geothermal gradient are more reasonable for the placement of high capacity HPS. The heat removal for HPS at different conditions of the attitude of beds is projected to be 14–135 times as great as the level of natural heat flow from the Earth depths, which means the processes of intensive cooling of the heat-removal zone.

In addition, large areas that can be occupied by SLPH fields at relatively low temperatures of fluids

from productive horizons impose restrictions on the power of HPS. Powerful HPS should be oriented on deeper wells (1–2 km), i.e., they should have highly permeable collectors (layers) with low-temperature thermal waters (with a temperature of over 30 – 40 °C).

Plates with artesian waters will expediently be used as SLPH for HPS with relatively low power (1–3 MW).

The use of this methodology provides obtaining estimates for the possible use of resources in order to construct an HPS of a given power.

*Keywords:* evaluation of resources (supplies) of heat, groundwater, low-temperature heat source, heat-pump station.

### References

1. Kulyk, M.M., Horbulin, V.P., & Kyrylenko, O.V. (2017). Kontseptualni pidkhydy do rozvytku enerhetyky Ukrainy (analytychni materialy). Kyiv: Institute of General Energy of NAS of Ukraine [in Ukrainian].
2. Bilodid, V.D. (2016). Forecast of the structure of heat supply of Ukraine for the period till 2040. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 1(44), 24–33 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2016.01.024>
3. Tracking Clean Energy Progress 2016. *OECD/IEA*. 84 p. URL: [www.iea.org](http://www.iea.org) (Last accessed: 12.01.2019).
4. Kulyk, M.M., & Dryomin, I.V. (2013). General-purpose model of frequency and capacity regulation in united power systems. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 4(35), 5–15 [in Ukrainian].
5. Kulyk, M.M., Bilodid, V.D., Derii, V.O., & Dryomin, I.V. (2018). Zabezpechennia yevropeiskyykh vymoh kerovanosti i nadiinosti enerhosystemy Ukrainy shliakhom zaluchennia do yii upravlinnia system teplopostachannia: zvit pro NDR (ostatochnyi). K.: Instytut zahalnoi enerhetyky NAN Ukrainy. 161 p. RK № 0116U0054532 [in Ukrainian].
6. Bilodid, V.D. (2017). Substantiation of the economic efficiency of load control in power systems with the use of electric heat-generators as consumers-regulators. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 1(48), 50–59 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2017.01.050>.
7. Bilodid, V.D., Malyarenko, O.Ye., Kuts H.O., Syzonenko, V.P., Symborskyi, A.I., Yevtukhova, T.O., Stanytsina, V.V., & Biriukova-Stefaniuk, M.Iu. (2012). Doslidzhennia terytorialnoi struktury ta dotsilnykh obsiahiv budivnytstva teplonasosnykh stantsii na nyzkotemperaturnykh pidzemnykh ta termalnykh vodakh: zvit pro NDR (zakliuchn.): Kyiv: Instytut zahalnoi enerhetyky NAN Ukrainy. 187 p., RK № 0110U002010, OK № 0213U003249. [in Ukrainian].
8. Kulyk, M.M., & Bilodid, V.D. (2006). The problems and prospects of thermal-pump technologies develop-

- ment in Ukraine. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 2(14), 7–12 [in Ukrainian].
9. Plastova temperatura. URL: [https://studopedia.com.ua/1\\_159581\\_plastova-temperatura.html](https://studopedia.com.ua/1_159581_plastova-temperatura.html) [in Ukrainian]. (Last accessed: 12.01.2019).
  10. Diad'kyn, Yu.D., & Paryjskyj, Yu.M. (1977). Yzvlachenyje y yspol'zovanye tepla Zemly: uchebnoe posobyje. L.: Yzd. LHY, 114 p. [in Russian].
  11. Bajbakov, V.V., Fedorov, E.V., Fylius, R.Y. et al. (1988). Otsenka heotermicheskykh resursov nedr Ukraynskoj SSR y perspektyv yspol'zovanyia hlubynnoho tepla v enerhetyke na osnove yzuchenyia heoloho-heofyzycheskykh y termodynamicheskykh uslovyj. Tr. YHH-HY AN USSR. Vyp. 21. (Ruk. dep. 5.04.88 h. №1589-82 Dep). 134–155 [in Russian].
  12. Morozov, Yu.P. (1979). Yssledovanye nestatsyonarnoho teploobmena v heotermal'nykh kotlakh. Avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk. K.: YTTF AN USSR. 26 p. [in Russian].
  13. Morozov, Yu.P. (2017). Dobycha heotermal'nykh resursov y akkumulyrovanye teploty v podzemnykh horyzontakh. K.: Nauk. dumka, 200 p. [in Russian].
  14. Informatsiia pro robotu elektroenerhetychnoho kompleksu za hruden' 2017 roku. *Minenerhovuhillia Ukrainy*. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/> [in Ukrainian].
  15. Hordiienko, V.V., Hordiienko, O.V., Zavhorodnia, O.V., Lohvinov, I.M., Tarasov, V.M., & Usenko, O.V. (2008). Heotermichnyj atlas Ukrainy. K.: IH NAN Ukrainy, 2004. 60 s.8). [control/uk/publish/article?art\\_id=245272535&cat\\_id=245183225](http://control/uk/publish/article?art_id=245272535&cat_id=245183225) (Last accessed:17.07.2018) [in Ukrainian].

UDC 621.31

**Model for predicting the power of the UES of Ukraine during the night depression of schedules of electrical loads** / V.O. Derii // *The Problems of General Energy*. – 2019. – Issue 1(56). – P. 48–52.

In this work, we give the description of developed model for the operational prediction of power of the UES of Ukraine during the night depression of its electric-load schedules and the developed algorithm of its functioning. As the function of night depression approximation, a second-degree polynomial was chosen. As a result of the investigations carried out and test calculations by the developed model, the factors influencing arguments of the function were found, namely, the temperature of outside air and the duration of light day. These factors cause errors in prediction. The main causes of these errors are determined.

Analysis of the influence factors allowed us to determine their analytical dependences. It was established that the maximal prediction errors arise at the ends of interval of the night depression of electric-load sched-

ules. To reduce errors in power prediction, it is proposed to use derivatives of approximation functions at the ends of interval of night depression and a second-degree polynomial at other times. The performed testing modeling of power of the UES of Ukraine during its night depression of electric-load schedules for the period from 30.11.2015 to April 30, 2017 showed that the maximal relative error of prediction does not exceed 9.4%, and its relative average value is 3.9%.

*Keywords*: UES of Ukraine, model, electric-load schedule, night depression, power, electricity, prediction.

#### References

1. Derii, V.O., & Zgurovets, O.V. (2017). Investigation of the schedules of electrical loads of power system for determining the possibilities of their improvement by using electric heat-generators. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 4(51), 52–60 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2017.04.052>.
2. Koeffitsiyenty paraboly po zadannym koordinatam 3-kh tochek. URL: [http://econom.misis.ru/s/Hel/Matem/Para\\_3t.htm](http://econom.misis.ru/s/Hel/Matem/Para_3t.htm) (Last accessed: 02.05.2018) [in Russian].

UDC.536.7

**Features of the use of electric heat generators in the processes of compaction of diurnal graphs of the electrical load of a power system** / Ye.A. Lenchevsky // *The Problems of General Energy*. – 2019. – Issue 1(56). – P. 53–58.

Investigations in this paper are directed to creating in the Integrated Energy System of Ukraine a self-sufficient (deficit-free) reserve of maneuverable powers due to the use automatically controlled loading of electric heat generator (EHG) complexes in the current dispatch control system. In addressing this issue, we considered the processes of joint use of electric and thermal powers of the EHG complexes, provided that there is a well-established interaction between the dispatch centers of control of mode of the power-system loading and the cities' heat supply centers. On the example of using the controlled load of EHG complexes in the processes of compaction of diurnal load curve of the Kiev energy center, we show the energy efficiency of implementation of these complexes.

*Keywords*: power system of Ukraine, electric heat generators (EHG), diurnal graph of electric loads, centralized heat supply systems, automated system of dispatcher control.

## References

1. Perekhid enerhoblokov ukrainskykh AES typu VVER-1000 na manevrenyi rezhym. URL: [https://energoatom.kiev.ua/.../45216-perehod\\_energoblokov\\_ukrai](https://energoatom.kiev.ua/.../45216-perehod_energoblokov_ukrai) [in Ukrainian].
2. Kulyk, M.M., & Bilodid, V.D. (2014). Operative conditions and attainable volumes of using heat pumps at heat and power plants in the Integrated Power System of Ukraine. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 1(36), 39–45 [in Ukrainian].
3. Parasochka, S.O., & Khriashchevskiy, V.M. (2008). Schodo efektyvnosti elektroakumulatsiynoho opalennia pry vykorystanni hibrydnykh elektrozovnykh kotelen. *Zhytlovo-komunal'ne hospodarstvo Ukrainy*, 6(19), 34–38 [in Ukrainian].
4. Parasochka, S.O., & Khriashchevskiy, V.M. (2009). Do pytannia pro elektroakumulatsiyni opalennia ta hariache vodopostachannia. *Zhytlovo-komunal'ne hospodarstvo Ukrainy*, 8(21), 34–38 [in Ukrainian].
5. Lenchevsky, Ye.A. (2016). Automation control of high-power electric boilers as an efficient way of decreasing the nonuniformity of diurnal curves of power loads of the Integrated Power System. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 4(47), 50–57 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2016.04.050>.

UDC 622.33

**Assessment of the influence of coal industry on the environment** / I.Yu. Novytskyi, M.O. Perov, M.M. Makortetskyi // *The Problems of General Energy*. – 2019. – Issue 1(56). – P. 59–63.

Coal is at present and will remain in future the main type of energy resources for thermal and electric generation in Ukraine. This is caused by its reserves, which probably will be sufficient for several centuries, the shortage of natural gas, and insignificant part of renewable energy sources in the country energy balance. In addition, so far the product of coal processing – coke is the indispensable raw material for ferrous metallurgy.

At the same time, the coal industry is a powerful source of harmful action on the environment. This influence extends to all its spheres: atmosphere (including the ozone layer), hydrosphere (water basins and underground water), lithosphere, and earth's surface.

Ukraine's commitments in the context of deepening integration processes with West-European countries, including environmental protection in spite of enhancing the role of coal as the main energy carrier for domestic power engineering, will inevitably be accompanied by the introduction of more stringent ecological requirements for the operation of enter-

prises that mine, process, and consume coal. Therefore, investigations of the influence of activities of coal-industry enterprises on the environment with the aim of ensuring the ecological safety of Ukraine are relevant.

The present article is devoted to the assessment of influence of the main contaminants formed in the course of activity of the coal-industry enterprises. We analyze the sources of contamination according to different classification groups and give their quantitative characteristics.

Emphasis is placed on the necessity to introduce at the regional level a set of scientific and engineering measures that will stabilize the ecological situation in the territories of Donetsk, Luhansk, and Dnipropetrovsk regions as well as the Lviv-Volyn basin.

**Keywords:** environment, coal industry, contamination, analysis, technogenic load.

## References

1. Surhai, M.S., Kulish, V.A., & Kuzin, Yu.S. (2008). Vuhilna promyslovishtva ta navkolyshnie pryrodne sere-dovyshche – osnovni aspekty vzaiemovidnoshen. *Uhol Ukrainy*, 11, 35–41 [in Ukrainian].
2. Chepiha, Ye.V., & Mozharovska, A.A. (2013). Vykorystannia vodnykh resursiv pidpriemstvamy vuhilnoi haluzi Ukrainy. *Uhol Ukrainy*, 12, 50–52 [in Ukrainian].
3. Radchenko, V.V., Kulish, V.A., Chepiha, Ye.V., & Storozhchuk, Ye.Ye. (2013). Stan porodnykh vidvaliv vitchyznianskykh vuhilnykh shakht. *Uhol Ukrainy*, 12, 44–49 [in Ukrainian].
4. Kulish, V.A., Vovk, V.T., Chepiha, Ye.V. (2010). Osoblyvosti formuvannia ekoloho-hidrolohichnoho stanu terytorii likvidovanykh shakht i rozriziv. *Uhol Ukrainy*, 7, 42–43 [in Ukrainian].
5. Pro okhoronu navkolyshnoho pryrodnoho sere-dovyshcha: Zakon Ukrainy № 1268-XII vid 26.06.91 (1991). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, 41, 546 [in Ukrainian].
6. Pro okhoronu atmosfernoho povitria: Zakon Ukrainy (1992). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, 50, 678 [in Ukrainian].
7. Pro vidkhody: Zakon Ukrainy (1998). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, 36–37, 242 [in Ukrainian].
8. Vodnyi kodeks Ukrainy (1995). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, 24, 189 [in Ukrainian].
9. Zemelnyi kodeks Ukrainy. Redaktsiia vid 12.10.2018 (2002). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, 3–4, 27 [in Ukrainian].
10. Kodeks Ukrainy pro nadra (1994). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, 36. 340 p. [in Ukrainian].
11. Pro zatverdzhennia pereliku vydiv diialnosti ta obiek-tiv, shcho stanovliat pidvyshchenu ekolohichnu nebez-peku: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy. (2013). URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/808-2013-p> [in Ukrainian].

12. Pro Kontseptsiiu polipshennia ekolohichnoho stanovyshcha hirnychodobuvnykh rehioniv Ukrainy: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 31 serpnia 1999 r. No. 1606. (1999). URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1606-99-p> [in Ukrainian].
13. Pro zakhody shchodo rozviazannia ekoloho-hidrohe-olohichnykh problem, yaki vynykaiut unaslidok zakryttia hirnychodobuvnykh pidpriemstv, shakht i rozriziv: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy. (1999). URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/31-99-p> [in Ukrainian].
14. Pro vdoskonalennia struktury ekolohichnoi sluzhby Ministerstva vuhilnoi promyslovosti Ukrainy: Nakaz Ministerstva vuhilnoi promyslovosti Ukrainy vid 08.02.2006 No. 88. (2006). URL: <http://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0088644-06/sp:max10> [in Ukrainian].
15. Pro zakhody shchodo pidvyshchennia rivnia ekolohichnoi bezpeky u vuhilnodobuvnykh rehionakh: Nakaz Ministerstva vuhilnoi promyslovosti Ukrainy vid 22.05.2006 No. 296. (2006). URL: <http://ukraine.ua-pravo.net/data/base08/ukr08886.htm> [in Ukrainian].
16. Pro zakhody z ekolohichnoi bezpeky na porodnykh vidvalakh: Rozporiadzhennia Ministerstva vuhilnoi promyslovosti Ukrainy vid 28.03.2006 No. 14-r. (2006). URL: <https://pro.zakon-i-normativ.info/index.php/component/lica/?href=0&view=text&base=1&id=291311&menu=412228> [in Ukrainian].
17. Hranychno dopustymi kontsentratsii (HDK) ta orii-entovni bezpechni rivni dliannia (OBRD) zabrudniui-uchykh rehovyn v atmosfernomu povitri naselenykh mist. URL: <https://www.google.com.ua/search?q=hr> anychno+dopustyma+kontsentratsiia+shkidlyvykh+rechovyn+u+povitri&sa=X&ved=0ahUKEwjVxa-yw87eAhWJFywKHeUoBq. 66 p. [in Ukrainian].
18. Hranychno dopustymi kontsentratsii (HDK) ta orii-entovni dopustymi rivni (ODR) shkidlyvykh recho-ryn u vodi vodnykh obiektiv hospodarsko-pytneho ta kulturno-pobutovoho vykorystannia. (1991). URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v6025400-91> [in Ukrainian].
19. Hranychno dopustymi kontsentratsii khimichnykh re-čovyn u grunti (HDK). URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v2264400-80>. (1980) [in Ukrainian].
20. DK 005-96. Klasyfikator vidkhodiv. (1996). URL: <http://plast.vn.ua/DK005-96.html> [in Ukrainian].
21. Ukraine's Greenhouse Gas Inventory 1990–2016. (2018). K.: Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, 519 p. [in Ukrainian].
22. Otsinka zakhodiv shchodo zmeshennia nehatyvnoho vplyvu na dovkillia u vuhilnii promyslovosti. (2005). Drachuk, E.Z., Amosha, O.I., Kabanov, A.I. et al. *Ekotekhnolohii i resursosberezhenie*. Sb. tr. nauch.-tekhn. konf. "Enerhetychna bezpeka Yevropy XXI st. Yevraziiski enerhetychni korydory". K., 77—80 [in Ukrainian].
23. Surhai, N.S., & Vovk, H.T. (2003). Ekolohicheskoe polozenie v uholnykh rehionakh i puti resheniia prirodookhrannykh problem. Doklad na seminarie "Ekolohicheskaiia bezopasnost obiektov TEK" [in Russian].
24. Vovk, V.T., & Chepyha, E.V. (2015). Ekolohiia shakhterskih rehionov Ukrainy. *Uhol Ukrainy*, 6, 23—30 [in Russian].